LES CAHIERS DE LA T. S. F.

LUCIEN CHRÉTIEN
Ingénieur E. S. E.

# LA DÉTECTION EN T.S.F.

LA DÉTECTION
PAR LA PLAQUE
PAR LA GRILLE
DE PUISSANCE
LINÉAIRE
PAR DIODE
PAR BINODE
PAR DUO-DIODE

Conseils pratiques et données numériques

Etienne CHIRON, éditeur
40, rue de Seine, Paris - 6e

**UN OUVRAGE FONDAMENTAL :**

# Ondes courtes et Ondes très courtes

par

**Lucien CHRÉTIEN**

Ingénieur E. S. E.

Toute la théorie des ondes courtes et la réalisation des montages d'émission et de réception modernes.

*Un volume de 240 pages illustré de 115 figures*

Prix : 20 francs — Franco 21 francs

**Lucien CHRÉTIEN**

collabore régulièrement à

# LA T.S.F. POUR TOUS

***Revue rédigée par les techniciens d'élite pour l'élite des amateurs***

Chaque numéro contient la description d'un ou de plusieurs montages illustrée de nombreux schémas, photographies et plans de réalisation

SPECIMEN GRATUIT SUR SIMPLE DEMANDE

Étienne CHIRON, éditeur, 40, rue de Seine — PARIS (VI^e^)

# LA DÉTECTION EN T.S.F.

## EN VENTE A LA MEME LIBRAIRIE

| | | |
|---|---|---|
| *J'ai compris la T. S. F.*, par E. AISBERG (traduit en 13 langues) . . . . . | 15 | » |
| Le même volume relié rouge, fers spéciaux | 20 | » |
| *L'Encyclopédie de la Radio*, par M. ADAM . | 50 | » |
| *Les Postes de T. S. F. alimentés par le secteur*, par E. AISBERG (2e éd. revue et augmentée) | 10 | » |
| *Les cellules photo-électriques*, par ROY-POCHON | 8 | » |
| *Principes de bonne construction en T. S. F.: L'Hopitodyne*, par le Dr P. CORRET . . . . . | 12 | » |
| *Les Amplificateurs pour Bandes de Fréquence*, par DROUIN . . . . . | 18 | » |
| *Les Lampes de T. S. F. modernes*, par P. HÉMARDINQUER . . . . . | 10 | » |
| *Théorie et pratique des Lampes de T. S. F.*, par KIRILOFF . . . . . | 15 | » |
| *Le Cinéma sonore et sa technique*, par VELLARD | 30 | » |
| *Les progrès des Superhétérodynes*, par P. HÉMARDINQUER . . . . . | 7 | 50 |
| *Le livre du disque et du phonographe*, par P. HÉMARDINQUER et R. DUMESNIL . . . . . | 15 | » |
| *Les Redresseurs de courant*, par de BAGNEUX. | 10 | » |
| *Les Récepteurs modernes*, par P. HÉMARDINQUER . . . . . | 30 | » |
| *Les Ondes courtes et très courtes*, par L. CHRÉTIEN . . . . . | 20 | » |
| *La T. S. F. en trente leçons* (Cours professé aux Arts et Métiers) . . . . . | 45 | » |
| *Précis d'électricité et de T. S. F.*, par E. AISBERG et A. NEOUSSIKHINE . . . . . | 20 | » |
| *Théorie et Pratique de la Télévision*, par E. AISBERG et R. ASCHEN . . . . . | 30 | » |
| *Les bases physiques de la Télévision*, par B. KWAL . . . . . | 20 | » |

LUCIEN CHRÉTIEN
Ingénieur E. S. E.

# LA DÉTECTION EN T. S. F.

**Méthodes de détection**
**par la grille**
**par la plaque**
**Détection de puissance**
**Détection linéaire**
**Détection par diode**
**Utilisation de la binode**
**Conseils pratiques**
**et données numériques**

*Etienne CHIRON, éditeur*
40, RUE DE SEINE
PARIS-VI°

# LA DÉTECTION

## AVANT-PROPOS

Qui, parmi les amateurs de T. S. F. de la première heure, ne se souvient de « l'ampli 3 *ter* » ? C'était un appareil comportant trois lampes et pouvant constituer soit trois étages d'amplification à basse fréquence, après une galène; soit un étage de détection suivi de deux étages d'amplification à basse fréquence...

Que n'aurait-on fait dans ces temps lointains, pour se procurer un « ampli 3 *ter* »? On furetait chez les brocanteurs, on se baignait dans la poussière des « stocks » d'après-guerre...

Au fait, on ne tenait pas à trouver l'appareil complet. La chose intéressante, c'était d'avoir les transformateurs et, surtout..., certain petit cylindre en matière moulée, que remplissait un brai noirâtre et duquel sortaient deux fils souples...

C'était le bloc détecteur...

Quoi! diront les jeunes amateurs d'aujourd'hui... ce qui vous faisait envie, c'était un vulgaire condensateur shunté?

Eh oui, ne rougissons point d'avouer nos naïvetés d'alors. Ce « bloc détecteur », bien que nous savions exactement ce qu'il était, se colorait pour nous d'un certain mystère...

Bien souvent, nous avions essayé de constituer nous-mêmes un bloc détecteur. Nous avions fabriqué le condensateur à l'aide de deux lames d'étain séparées par une mince feuille de mica, la résistance par un trait de graphite sur un morceau de bristol. La patience — indispensable à l'amateur véritable — ne nous manquait pas. Nous clivions le mica plus fin, nous réduisions la surface des électrodes, nous épaississions le trait de graphite, nous le gommions...

Et nous avions beau faire! Le résultat de notre obstination ne valait jamais celui du bloc détecteur de l'ampli 3 *ter*. Etait-ce à cause de sa constitution spéciale? Le condensateur était formé par deux plaques de laiton épaisses de plus d'un millimètre, séparées par un diélectrique d'isolement imparfait qui constituait la résistance...

Etait-ce manque de confiance en nous et les résultats étaient-ils, dans le fond, aussi bons que ceux du « bloc détecteur »? Peut-être encore...

Quoi qu'il en soit, nous étions excusables à ce moment. On ne savait trop comment expliquer la détection par lampes... Il y avait plusieurs théories en présence. L'amateur ne cherchait à en adopter aucune. Il savait qu'on obtient l'effet détecteur en insérant entre la grille et le circuit oscillant un condensateur de faible valeur, et une résistance de forte valeur entre filament et grille.

Quant à ces valeurs elles-mêmes, elles étaient assez mal définies. On constatait, par expérience que cela « collait » à peu près aussi bien pour 0,1/1.000, 0,2 ou même 0,5/1.000.

Au fond, on avait un peu raison. Il ne s'agissait alors que de recevoir de la *télégraphie.*

Exceptionnellement, on entendait quelques concerts radiophoniques... Combien, parmi nos lecteurs, ont entendu les premiers concerts de P. C. G. G.? Et puis les déformations à l'émission étaient telles qu'elles rendaient

illusoires la prétention d'obtenir une certaine fidélité de réception...

Ces temps ont changé, mais l'habitude de considérer la détection comme une chose qui « va toujours » est demeurée. C'est un tort.

Beaucoup d'amateurs, beaucoup de constructeurs ne se doutent point quelle distorsion considérable peut résulter d'un détecteur mal étudié.

L'importance de cette remarque ne doit échapper à personne, surtout au moment où toutes les stations d'émissions tendent à adopter des profondeurs de modulation *qui dépassent* souvent 90 %.

Au cours de cette étude élémentaire nous reconnaîtrons qu'il n'est plus suffisant d'insérer un « bloc détecteur » dans le circuit de grille pour que le problème de la détection soit résolu.

Nous chercherons à définir les défauts des détecteurs usuels et nous décrirons un mode de détection nouveau dont la caractéristique est fort voisine de la caractéristique idéale...

L. C.

CHAPITRE PREMIER

# NOTIONS FONDAMENTALES

## Qu'est-ce que la détection ?

Dans le studio d'émission, l'annonceur prononce un mot. Ce sont des vibrations sonores qui sont transmises à l'air. Notre but, c'est de reproduire très loin du studio, ces mêmes vibrations.

Le son, par ses seuls moyens, ne franchirait que quelques dizaines de mètres, à la maigre vitesse de 340 mètres à la seconde. Le problème c'est de le faire parvenir sans dommage à plusieurs milliers de kilomètres.

La vibration sonore, grâce au microphone, est transformée en un courant électrique, qui en est la traduction ou l'image fidèle (fig. 1). Nous obtenons un courant téléphonique, première étape de la transformation. Pour transmettre le son au loin il nous suffirait maintenant de conduire le courant où nous voulons, à l'aide d'une ligne téléphonique.

Mais nous voulons nous passer de ce conducteur.

Nous imprimerons le courant téléphonique sur des oscillations à haute fréquence entretenues (fig. 2). C'est — seconde étape — l'opération de la modulation (voir fig. 3).

L'onde entretenue modulée qui représente, en puissance, ou si l'on veut, en possibilité, l'image électrique du son primitif, rayonnée par l'antenne, va franchir des milliers de kilomètres à la vertigineuse vitesse de 300.000 kilomètres à la seconde.

Le champ à haute fréquence, rencontrant le cadre ou l'antenne va inspirer dans son circuit des vibrations sympathiques.

Un courant — image exacte du courant modulé primitif — parcourt les conducteurs.

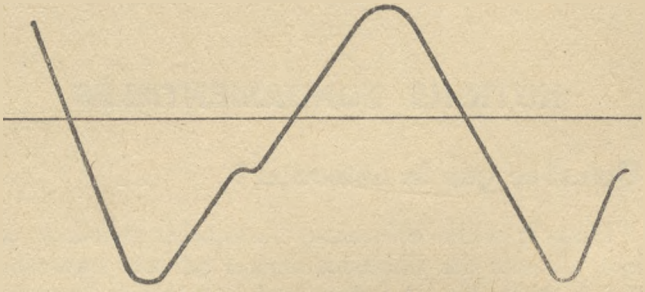

Fig. 1. — Courant téléphonique.

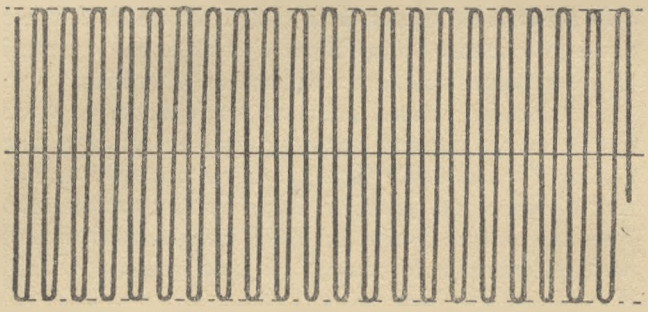

Fig. 2. — Oscillations à haute fréquence non modulées.

Ne confondons pas. Nous n'avons pas encore obtenu le courant téléphonique. Soumis à un téléphone ou à un haut-parleur le courant capté n'éveillera aucun écho.

Il faut se débarrasser de l'oscillation à haute fréquence devenue inutile, comme d'un habit de voyage. Ce sera la troisième étape : *le rôle du détecteur.*

Le détecteur a donc pour fonction de faire apparaître le courant de modulation, ou courant téléphonique.

Le courant fourni par le détecteur doit être de forme identique au courant fourni par le microphone. C'est

une des conditions pour que le son reproduit soit semblable au son original.

On ne doit pas perdre de vue cette extraordinaire

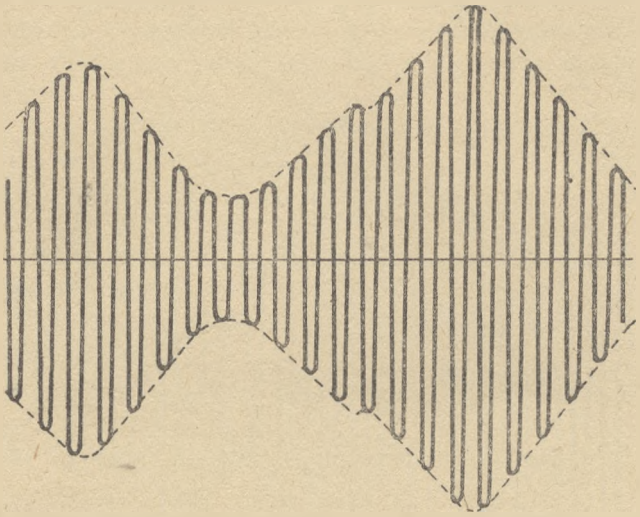

Fig. 3. — Oscillations à haute fréquence modulées.

complexité d'opérations entre la bouche de la chanteuse et l'oreille de l'auditeur. A cette condition, on appréciera sans doute l'importance extrême du rôle confié au détecteur.

Avant d'aborder la question du mécanisme de la détection, il est, croyons-nous, indispensable d'assimiler la notion de *profondeur de modulation.*

## Profondeur de modulation

Des oscillations entretenues modulées, ce sont des oscillations dont les variations d'amplitude représentent précisément le courant de modulation.

Etant données une vibration électrique à haute fréquence et une vibration à basse fréquence, on peut con-

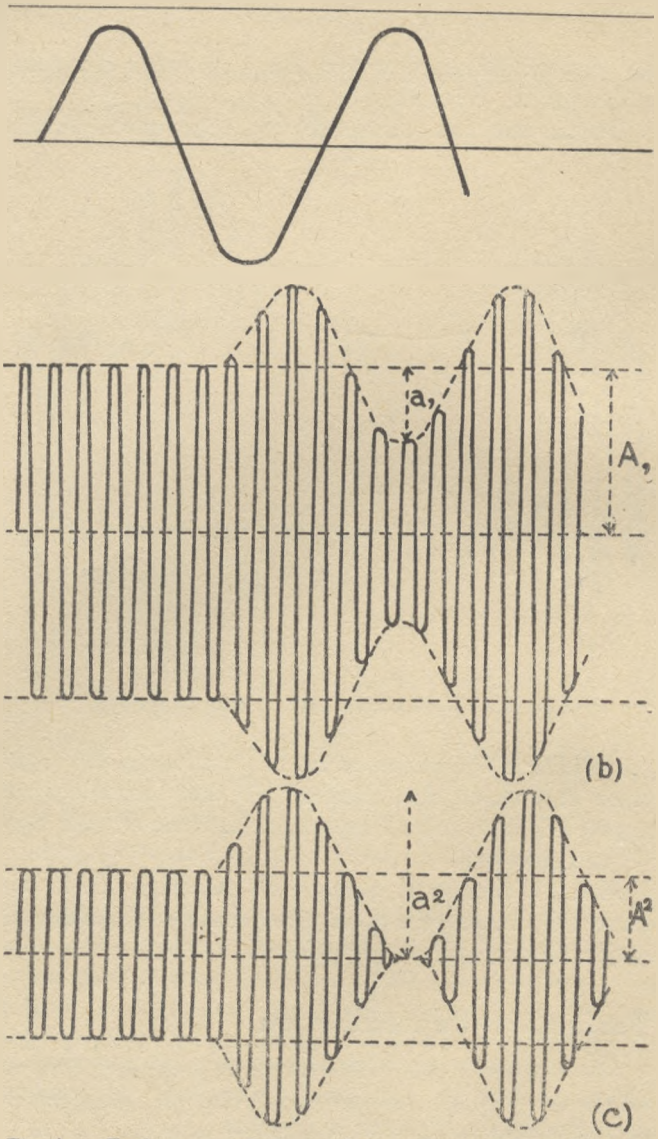


Fig. 4. — En *b* et *c* sont indiquées deux oscillations à haute fréquence d'amplitudes différentes modulées par *le même* courant téléphonique représenté en *a*.

cevoir que la seconde est imprimée plus ou moins profondément dans la première.

La figure 4 illustre ce fait. Le même courant téléphonique est imprimé plus ou moins profondément dans une vibration à haute fréquence de longueur d'onde donnée.

Pour que la chose soit plus nette, nous supposons dans cette figure que l'amplitude du courant de modulation reste la même mais que l'amplitude de l'oscillation à haute fréquence a été changée. De la sorte, on reconnaît mieux que la forme du courant téléphonique est restée invariable.

On dira que l'émission (fig. 4 *c*) est *plus profondément modulée.*

Cette profondeur de modulation admet une mesure, c'est le rapport $\frac{A\ I}{a\ i}$ qui est généralement exprimé en %.

Dans le cas *b*) on trouvera sensiblement 33 %, dans le cas *c*) 100 % +.

Si l'on soumettait au même détecteur les oscillations *a*) et *b*) on obtiendrait un courant téléphonique de *même amplitude.* L'intérêt d'une grande profondeur de modulation apparaît donc immédiatement puisque dans le cas de *c*) l'amplitude moyenne du courant reçu (A 2) est trois fois plus petite que dans le cas *b*) +.

Dans le cas d'une modulation à 100 %, les variations d'amplitude sont telles que le courant à haute fréquence peut être annulé (comme en *x*). Mais il est certain qu'au cours d'une transmission, la profondeur de modulation varie sans cesse. Très faible pendant un pianissimo, elle peut devenir voisine de 100 % dans un « forte ». Lorsqu'on parle de la profondeur de modulation d'une station, on sous-entend qu'il s'agit de la valeur « moyenne ». Or, il est évident que celle-ci ne peut atteindre 100 %.

Nous verrons un peu plus loin quelle influence exerce la profondeur de modulation sur le fonctionnement d'une lampe détectrice. Mais il nous faut maintenant définir le mode de fonctionnement des détecteurs usuels.

## Les détecteurs usuels

On utilisait jadis les montages de détection les plus baroques... La bille d'acier qui roulait sur deux rails constitués par deux aiguilles... le trépied de cuivre mystérieux, les deux cristaux qui s'épaulaient mutuellement, la galène fantasque, la zincite lunatique... le papier buvard, la pomme de terre et *tutti quanti*. Aujourd'hui, la lampe règne en souveraine incontestée. Aussi, les détecteurs à lampes usuels ne forment qu'une liste peu impressionnante.

— Détection ordinaire par la grille ;
— Détection dite « de puissance » par la grille ;
— Détection par la plaque.

Ces différents rôles peuvent, d'ailleurs, être remplis par des lampes triodes, ou par des lampes à écran. Cela ne change rien au principe même.

Il faut ajouter à cela le détecteur par oxyde de cuivre d'une mise au point tout à fait récente et dont nous parlons à la fin de ce volume.

En poursuivant cette étude, nous remarquerons aisément que, comme leur ancêtre, la galène, ces détecteurs sont des *redresseurs* de courant. L'action de rectification peut être cachée, comme dans le cas de la détection par la grille ou, au contraire, rendue évidente comme dans le cas de la détection par la plaque, le principe n'en demeure pas moins commun.

## Caractéristique d'un détecteur

Lorsqu'on soumet à la grille d'une lampe amplificatrice, une tension alternative quelconque, on n'observe aucun changement dans l'intensité plaque moyenne.

Au contraire, s'il s'agit d'une lampe détectrice, on observera une variation *de courant* moyen. Celle-ci pourra, d'ailleurs, avoir lieu dans un sens ou dans l'autre, suivant le mode de détection utilisé.

La relation entre la tension à haute fréquence soumise et la variation de courant moyen définit en quelque sorte le fonctionnement du détecteur. On peut synthétiser toute une série de mesures par une courbe; ce sera *la caractéristique du détecteur.*

On obtiendra facilement cette courbe en mesurant d'une part la tension soumise à la grille et, d'autre part, la variation de courant observée dans le circuit de plaque.

On obtiendra par exemple la courbe de la figure 5.

Un simple coup d'œil nous apprend que les variations de courant plaque ne sont pas *proportionnelles* aux variations de tensions à haute fréquence. On dit que la détection *n'est pas linéaire.* S'il en était ainsi, la caractéristique serait une droite comme celle que nous avons indiquée en pointillé sur la figure.

Les variations d'amplitude, causées par la modulation, feront évidemment les mêmes effets que la variation lente d'amplitude que nous avons produite pour relever la courbe.

Si, à un certain moment, le point de fonctionnement est en A, une variation d'amplitude de 0,1 volt produira une variation de courant de 0,1 milliampère.

Mais, quand le point de fonctionnement viendra en B, la même diminution d'amplitude ne produira plus qu'une variation de courant de 0,05 milliampère.

Conséquence inéluctable : la forme du courant de modulation sera trahie ; *il y aura distorsion.*

Le point B correspond à une amplitude très faible; nous n'utiliserons cette portion de la courbe que pour la réception de stations très faibles ou, encore, si la *profondeur de modulation de la station écoutée est considérable.*

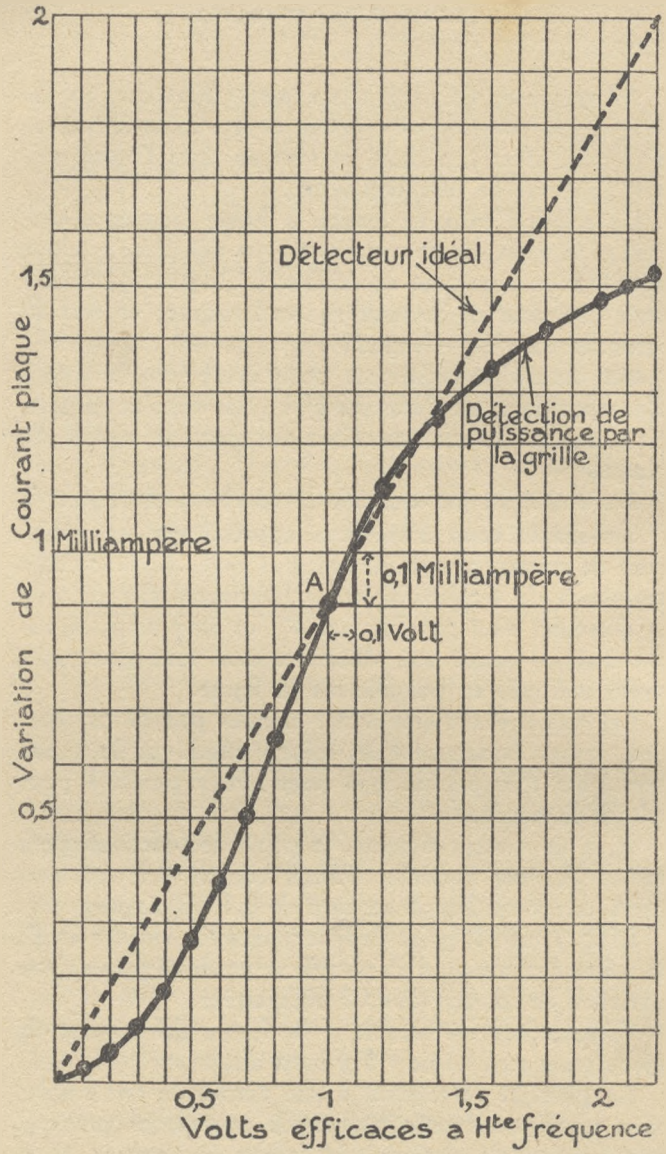


Fig. 5. — Détection de puissance. Courbe relevée avec résistance d'utilisation de 30.000 ohms.

Nos lecteurs aperçoivent sans doute maintenant pourquoi, au sujet de la détection nous avons insisté sur la notion de *profondeur* de modulation.

## Les détections par la grille...

Nous écrivons au pluriel « les détections », c'est qu'en effet, il en existe deux : la détection normale, celle qui était universellement utilisée jusqu'en ces derniers temps, et la détection *de puissance* par la grille.

Au plus simple examen, il semble que les deux méthodes diffèrent assez peu. Dans le premier cas, on utilise un condensateur de 0,2 à 0,25/1.000 avec une résistance de 2 à 5 mégohms; dans le second, le condensateur est de 0,1/1.000 et la résistance ne dépasse point 1 mégohm.

Mais si l'on adopte ces dernières valeurs sur un montage, on ne constitue nullement pour cela, *un détecteur de puissance*. Cette erreur est l'explication de nombreux déboires éprouvés par des amateurs. C'est, qu'en effet, deux autres conditions beaucoup plus importantes sont à remplir pour constituer la détection de puissance : une fotre tension anodique et, aussi, la nécessité absolue de ne soumettre au détecteur, que des *signaux puissants*.

La suite de cette étude a pour but d'exposer les raisons de cette affirmation qui peut sembler étonnante au premier abord.

Les raisonnements qui vont suivre, les schémas, concerneront des lampes *à chauffage indirect*. Ils sont immédiatement valables, à des détails près, pour des lampes destinées à être alimentées par accumulateurs.

## La détection grille normale
## Le courant de grille
## La caractéristique de grille

Dans les montages d'amplificateurs, on ne considère le plus souvent, que le « courant anodique », c'est-à-dire celui qui circule entre la cathode et la plaque, et qui se referme par la batterie. Il peut cependant exister aussi un courant de grille. C'est précisément à cause de l'existence de ce dernier que la détection par la grille est possible.

Pour des valeurs négatives de tension grille dépassant deux volts, le courant grille n'existe point, dans les lampes normalement vidées. Il s'amorcera généralement vers — 1,2 volt et commence à croître lentement.

Un coude assez net se dessine pour une tension de grille de l'ordre de 0,8 volt et l'augmentation de courant grille se précipite. La fonction devient linéaire. Pour une tension de grille nulle, c'est-à-dire lorsque la grille est directement reliée à la cathode (fig. 6) le courant de grille est généralement compris entre 10 et 50 microampères.

Remarquons, tout d'abord, que la caractéristique du courant grille en fonction de la tension de grille, est tout à fait semblable à la caractéristique la plus habituellement représentée, qui donne la variation de courant anodique (ou de plaque) en fonction de la tension de grille

Ces deux courbes sont *semblables* ; elles ont la même forme, mais cela ne veut point dire qu'elles soient identiques. Entre elles, il y a une énorme différence d'échelle... Dans la caractéristique du courant de plaque, on chiffre en *milliampères*, et dans l'autre, on utilise une unité mille fois plus petite, le *microampère*.

## L'effet de la résistance de détection

Nous avons supposé (fig. 7), que la grille et la ca-

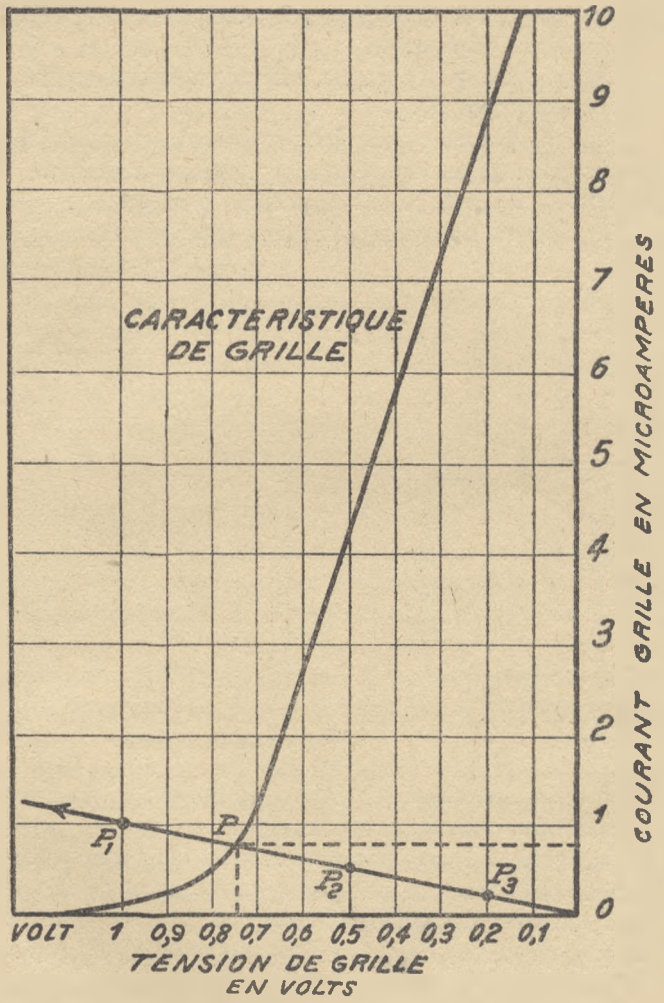


Fig. 6. — Caractéristique du courant de grille en fonction de la tension de grille.

thode sont directement reliées. Rien ne serait évidemment changé si la connexion entre les deux électrodes com-

prenait un circuit quelconque, à condition que *la résistance en soit négligeable.*

On pourrait, par exemple, insérer un circuit oscillant de réception (fig. 8).

Mais supposons qu'on place maintenant en série dans le circuit de grille, une résistance élevée, par exemple : 1.000.000 d'ohms, ou si l'on préfère, 1 mégohm.

Le courant de grille traversera cette résistance. En

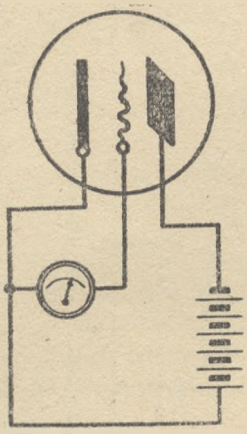

Fig. 7. — Mesure du courant de grille.

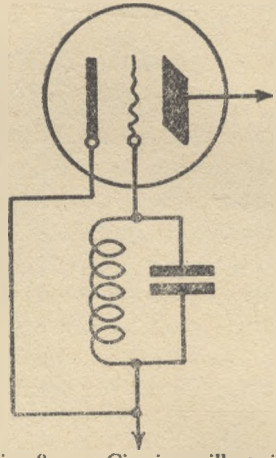

Fig 8. — Circuit oscillant inséré dans la grille.

vertu de la loi d'ohm, une chute de tension se produira à ses bornes, dans le sens indiqué par les signes — et + de la figure 9. Il est donc parfaitement clair que la tension de grille ne sera plus égale à la tension de la cathode. Une polarisation automatique se produira. Le courant de grille sera moins intense que tout à l'heure...

Tout cela se conçoit aisément. On peut ne pas se contenter de ce raisonnement et vouloir déterminer exactement les conditions du problème. Rien n'est plus simple.

Une résistance de 1 mégohm, c'est, d'après la loi d'ohm ($E = RI$) une résistance qui laisse passer une

intensité de courant de 1 microampère, quand on applique à ses bornes une tension de 1 volt.

Reprenons la figure 6. Le point $P_1$ correspond à 1 volt et à 1 microampère. La ligne $OP_1$ représentera précisément une résistance de 1 mégohm. Vérifions-le.

Pour le point $P_2$, par exemple, nous trouvons une tension de 0,5 volt et un courant de 0,5 microampère... Pour $P_3$, 0,25 volt et 0,25 milliampère. Tout cela est conforme à la loi d'Ohm.

Et cela est vrai également pour le point P qui appartient, à la fois, à la caractéristique et à la droite. *Ce point P nous donne précisément les nouvelles conditions de fonctionnement.*

La tension de grille correspondant à la figure 9 sera de 0,75 volt.

## L'action détectrice

Supposons, maintenant, que le circuit oscillant de la figure 9 soit parcouru par des oscillations à haute fréquence non modulées. La résistance *r* s'opposera à leur passage vers la grille. Nous pouvons éviter cela en shuntant *r* par un condensateur de faible valeur. Nous arriverons ainsi au schma habituel (fig. 10) de la détection par *condensateur shunté.*

Les oscillations à haute fréquence déplaceront évidemment le point de fonctionnement P, à droite et à gauche de la position qu'il occupe au repos (fig. 11).

On voit, par exemple, figure 6 que les oscillations à haute fréquence vont, d'un côté, amener le point P en P', et de l'autre côté en P". Mais au premier point correspond une variation de courant de grille d'environ 0,75 microampère et, de l'autre de 0,25 milliampère seulement.

Le courant grille que nous constaterons sera donc une *résultante.* Il y aura évidemment *augmentation* du courant moyen de grille, à cause de la dissymétrie de P' P", par rapport à la ligne P. S.

Ainsi donc, dès que le circuit sera parcouru par des oscillations à haute fréquence, il y aura une variation dans le courant moyen de grille. C'*est exactement dire*

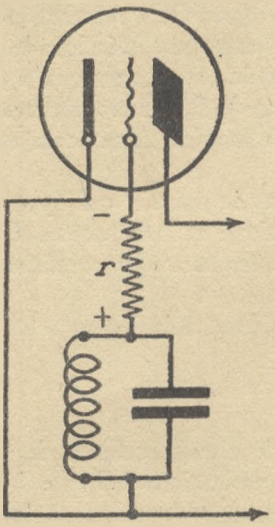


Fig. 9. — Résistance insérée en série avec le circuit oscillant de grille.

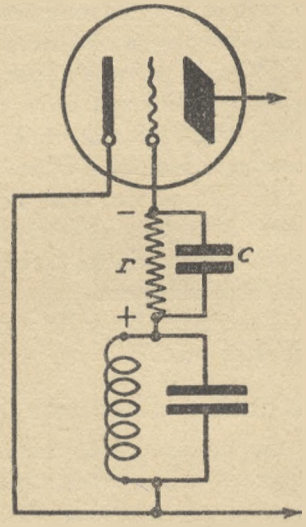


Fig. 10. — Schéma classique de la détection par condensateur shunté.

*qu'il y a détection.* Nos lecteurs comprennent sans doute pourquoi le montage utilisant le condensateur shunté est appelé « détection par la courbure de grille ».

Nous avons supposé que le circuit oscillant était parcouru par des oscillations entretenues. S'il y a variation dans l'amplitude de l'onde reçue, il y aura variation correspondante dans le courant de grille. La détection suivra donc la modulation.

## Et le circuit de plaque?

Dans tout ce qui précède, il n'a point été question du circuit de plaque. Cela indique suffisamment que l'appellation détection grille est légitime.

Il nous reste à expliquer comment les phénomènes

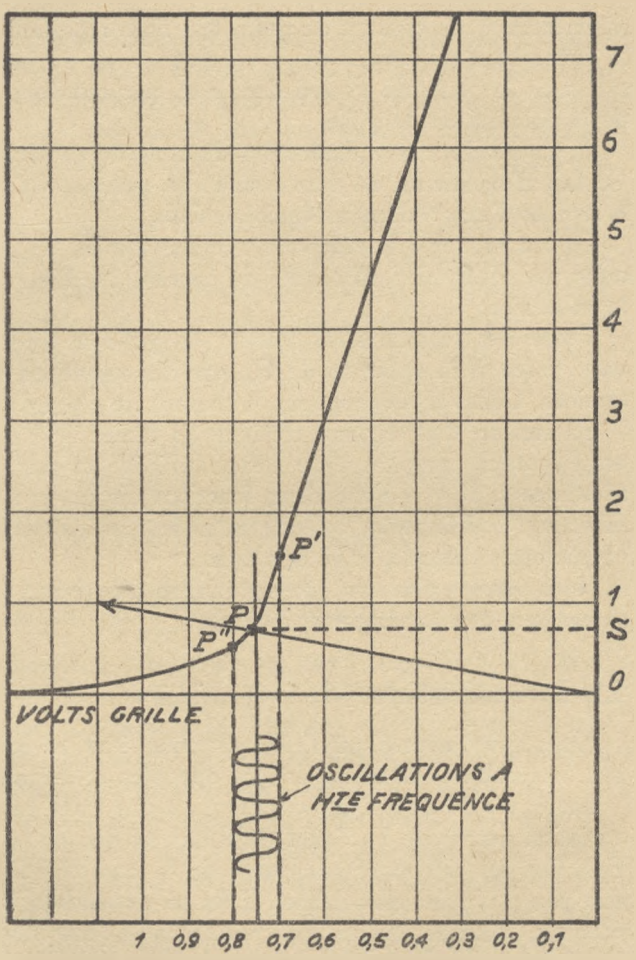


Fig. 11. — Courbe explicant le phénomène de la détection par la grille.

déjà examinés commandent les variations du courant anodique.

Lorsque nous avons appliqué sur la grille de la lampe des oscillations non modulées, nous avons provoqué une

augmentation de courant de grille. En nous reportant à la figure 10, nous voyons que le résultat est une augmentation de la chute de tension dans *r* et, par conséquent, de la polarisation de grille.

Il y aura donc une diminution de courant anodique. Ce fait d'expérience est bien connu des amateurs familiers avec l'usage d'un milliampèremètre.

Quand on règle le récepteur sur une station, on observe une diminution d'intensité du courant anodique de la détectrice.

Toutes les variations de courant de grille se traduiront, grâce à la présence de R, par des variations de tensions. Celles-ci réagiront sur le courant de plaque.

En somme, tout se passe comme si la lampe était une amplificatrice, couplée à la lampe précédente par la résistance *r*. Il y a donc deux fonctions distinctes : la détection, opérée entre cathode et grille, l'amplification opérée entre cathode, grille et plaque...

Nous verrons plus loin que cette façon d'envisager les choses peut être extrêmement féconde.

## La caractéristique de détection

Nous avons exposé que l'effet détecteur était, en somme, la résultante de deux actions opposées et inégales.

La figure 11 nous indique que, pour une toute petite variation autour de P, l'effet détecteur est peu marqué. En effet, les différences de pente de la caractéristique sont peu marquées elles-mêmes. Elles ne deviendront importantes que pour des valeurs croissantes de l'amplitude. L'efficacité du détecteur augmentera donc avec l'intensité des oscillations à détecter.

Il est ainsi facile de prévoir que la détection ne *sera point linéaire.*

On peut raisonner d'une façon légèrement différente pour arriver à la même conviction. D'un côté de P, en allant vers P', on rencontre immédiatement des zones

pratiquement droites. De l'autre côté, on trouve, au contraire, une région courbe qui s'étend jusqu'au zéro. La composition des deux fournira forcément une courbe.

Si nous relevons la caractéristique de détection, nous obtiendrons la courbe figure 12 qui répond parfaitement aux prévisions ci-dessus.

On a coutume de dire que la détection est « *square law* » ou, en français, qu'elle suit la loi du carré. On dit aussi qu'elle est « parabolique » à cause de la forme de la courbe, dans sa première partie tout au moins.

Ces termes expriment que de mêmes variations d'amplitudes à haute fréquence ne provoquent pas des variations proportionnelles de courant anodique.

Ainsi, si une variation de 0,2 volt provoque une variation d'intensité de 50 microampères dans le courant de plaque, une variation de 0,4 volt amènera une variation de $50 \times 4 = 200$ microampères.

## La distorsion et le détecteur

Lorsqu'un détecteur n'est pas linéaire, il y a production de *distorsion*, c'est-à-dire déformation des sons originaux. On mesure la distorsion en exprimant l'importance relative que prend l'harmonique II d'un son qui ne comportait primitivement aucun harmonique...

On peut généralement admettre qu'une distorsion inférieure à 5 % est négligeable. Au delà de 10 % la distorsion devient évidente, même pour une oreille peu exercée.

D'après M. A. Hall, un technicien anglais, on pourrait obtenir la valeur de distorsion causée par un détecteur *square law* en divisant par 4 la profondeur de modulation. Ainsi, pour une profondeur de modulation de 80 %, la distorsion atteindrait 20 %. Cela nous semble énorme. Il y a sans doute lieu de réviser ce chiffre en considérant surtout que la détection par la grille n'est pas purement *square law*.

Cela indique néanmoins l'importance de la chose.

## Rectification par la plaque

L'allure de la courbe figure 12 est tout à fait particulière. Parabolique, d'abord, elle devient presque linéaire puis subit, à partir d'une certaine amplitude un changement de courbure.

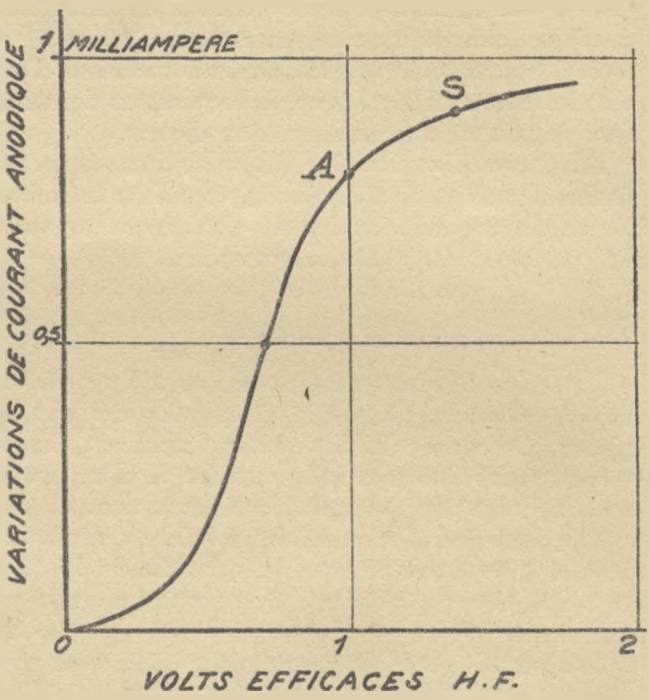


Fig. 12. — Courbe caractéristique de détection.

A partir du point S, figure 12, une augmentation d'amplitude ne produit plus qu'une variation insignifiante de courant anodique. On a coutume de dire alors, que la détectrice est « saturée ».

L'expression est impropre mais traduit néanmoins exactement l'impression que donne le phénomène.

A mesure qu'augmente l'amplitude de l'oscillation à détecter, la polarisation négative de la lampe augmente.

La tension anodique est toujours faible, 40, 60 ou 80 volts, le point de fonctionnement de la lampe, *considérée comme amplificatrice*, atteint rapidement la courbure inférieure de la caractéristique.

C'est donc, en quelque sorte, une seconde détection qui se superpose à la première, mais cette détection parasite a lieu, si l'on peut dire, en *sens contraire*.

C'est ainsi que s'explique le changement de courbure à partir du point A.

Bien entendu, cette action antagoniste des deux modes de détection se traduit par une augmentation énorme de la distorsion.

Ainsi apparaît le second inconvénient très grave de la détection normale par condensateur shunté. On ne peut soumettre au détecteur que des tensions à haute fréquence faibles.

Dès qu'on veut exiger une puissance notable, la distorsion apparaît.

On dispose aujourd'hui de moyens efficaces d'amplifier en haute fréquence, mais le détecteur usuel ne permet pas de profiter de cela. Il oblige, au contraire, à augmenter l'amplification en basse fréquence pour que la lampe finale puisse recevoir les impulsions téléphoniques dont elle a besoin.

Or, la grande amplification en basse fréquence est dangereuse ... ou très coûteuse...

CHAPITRE II

# DETECTION DE PUISSANCE PAR LA GRILLE

## 1° *Le redressement*

Traçons la caractéristique de grille de notre lampe et, cherchons comme nous l'avons fait précédemment, le point de fonctionnement *en l'absence d'oscillations*, correspondant à l'emploi d'une résistance de 1 mégohm, par exemple.

Ce sera le point P de la figure 13.

Nous avons supposé pour la détection de grille, que l'amplitude des oscillations soumises à la lampe détectricte était *faible*.

La présence d'oscillations sur la grille de la lampe a pour effet d'augmenter le courant de grille et, par conséquent la chute de tension dans la résistance Rd.

Le point de fonctionnement vient alors en P', par exemple.

Le courant de grille est diminué, mais il n'est pas annulé. Supposons maintenant que l'amplitude des oscillations qu'il s'agit de détecter soit grande.

La polarisation pourra être telle que le point de fonctionnement vienne par exemple en P". *Le courant de grille sera donc annulé.*

Le courant de grille ne sera présent que pendant les portions de certaines alternances positives de grande amplitude, correspondant à des profondeurs de modulation très grande qui pourront conduire le point de fonctionnement jusqu'en P"', par exemple.

Le mode de fonctionnement sera donc nettement différent de la détection grille normale. Le résultat le plus tangible immédiatement sera une caractéristique à peu près linéaire.

Le condensateur Cd ne pourra cette fois se décharger qu'à travers Rd, l'espace filament-grille n'étant conducteur que pendant une toute petit fraction du temps. Il

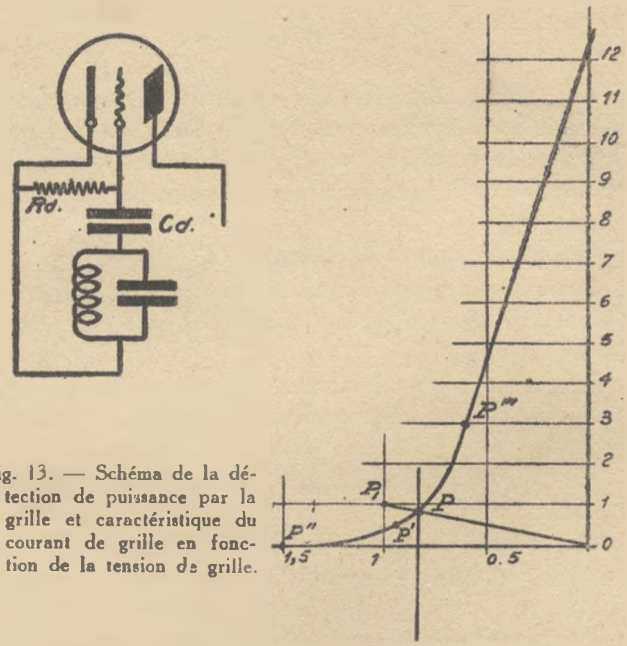


Fig. 13. — Schéma de la détection de puissance par la grille et caractéristique du courant de grille en fonction de la tension de grille.

est donc tout à fait normal, pour la détection grille de puissance, d'utiliser une résistance de détection plus faible. Suivant les lampes utilisées, on pourra employer une valeur comprise entre 100.000 et 500.000 ohms. On risquera peu de se tromper en adoptant la valeur moyenne de 250.000 ohms.

### 2° *L'amplification*

Mais il reste le défaut déjà signalé à propos de la détection grille normale : la rectification parasite par l'anode.

N'oublions pas, en effet, que la lampe cumule deux fonctions : redressement et amplification.

A mesure que la tension négative de grille s'exagère, le courant anodique, ou de plaque devient de plus en plus faible.

Dans les conditions citées plus haut : très forte amplitude à détecter, si la tension anodique est demeurée ce qu'elle était pour la détection grille normale — c'est-à-dire de 40 à 80 volts — le point de fonctionnement va reculer jusqu'à la courbure inférieure.

L'amplification va donc se faire dans des conditions désastreuses...

## La forte tension anodique est indispensable.

Il faut donc, si nous voulons éviter la distorsion que, malgré la tension négative de grille relativement importante, le point de fonctionnement demeure dans les parties droites de la caractéristique.

Nos lecteurs savent bien que la solution s'impose : augmenter la tension anodique.

Ce n'est donc pas 60, ni même 80 volts qu'il nous faudra appliquer sur la plaque de la lampe détectrice, mais 120 ou même 160 volts.

Nous constaterons, à coup sûr, une légère diminution de sensibilité, mais nous pourrons soumettre à la lampe des tensions à haute fréquence très importantes sans que la seconde détection parasite se produise.

## Les conditions de fonctionnement de la détection de puissance.

Ainsi donc, pour qu'il y ait *réellement* détection de puissance par la grille, il faut qu'un certain nombre de conditions soient remplies.

### 1° *Signaux puissants*

Si l'amplitude de la tension à haute fréquence soumise au détecteur est faible, nous n'aurons nullement « détection de puissance ».

Le courant de grille existant aussi bien pour les alternances positives que pour les alternances négatives, nous n'aurons point une caractéristique de détection linéaire. Ce sera la détection grille ordinaire dans toute son horreur.

Pour la réception des stations locales, cela ira parfaitement, mais pour la réception des stations lointaines, il faudra obligatoirement disposer d'une amplification à haute fréquence suffisamment efficace.

### 2° *Forte tension anodique*

Si la tension anodique est insuffisante il y aura impossibilité d'obtenir un courant téléphonique de forte amplitude.

### 3° *Résistance de détection relativement faible*

La valeur du condensateur de détection sera de 0,1/1.000 pour améliorer la reproduction des fréquences élevées. Cette valeur de condensateur n'intervient nullement pour déterminer s'il y a ou non détection de puissance...

Lorsque ces conditions sont remplies, on a *réellement* la détection de puissance par la grille. On peut constater — figure 14 — que la caractéristique de détection

est tout à fait remarquable. C'est pratiquement une droite entre A et B. On peut se permettre la réception de stations très fortement modulées.

Nous allons donc, si vous le voulez bien, essayer de

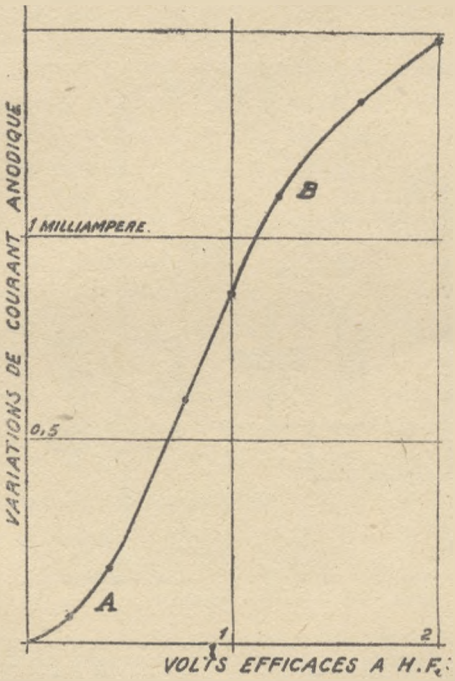


Fig. 14. — Caractéristique de la détection de puissance par la grille ; $Cd$ = 0,1/1000 µF ; $Rd$ = 250.000 ohms ; résistance d'utilisation R = 30.000 ohms.

modifier notre récepteur en y adaptant cette détection théoriquement merveilleuse...

## Une difficulté pratique.

Quand on a, comme tout sans-filiste conscient, la grande habitude de jongler avec les électrons, il est par-

ticulièrement vexant de tomber — si l'on peut dire — sur un bec de gaz.

Il en est pourtant bien ainsi.

Nous allons trouver devant nous une petite difficulté en apparence ridiculeusement mince, mais telle, en fait,

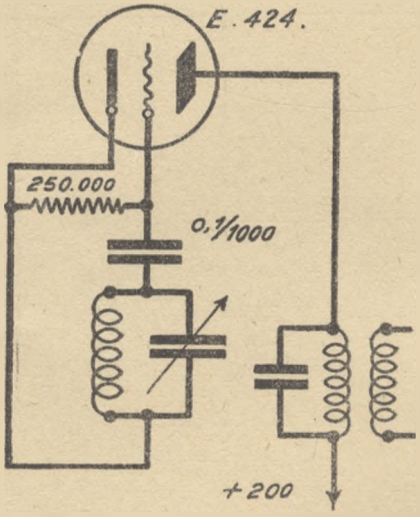


Fig. 15. — Utilisation d'une détectrice de puissance par la grille avec transformateur BF inséré dans le circuit de plaque.

qu'il nous faudra renoncer à l'application de la détection de puissance. Entre la théorie et l'application, il y a souvent la distance de la coupe aux lèvres...

Nous allons, pour notre poste-secteur, adopter le schéma de la figure 15. Quelle lampe choisir? Ce sera, par exemple, la E 424 Philips. Pour ne pas risquer de provoquer la détection parasite par la plaque, nous appliquerons sur la lampe la tension maximum que propose le constructeur : 200 volts. *Dans ces conditions, le courant anodique atteindra environ 15 milliampères.*

Le circuit anodique du transformateur sera à peu

près complètement saturé. Toute reproduction seulement intelligible sera impossible.

Qu'à cela ne tienne, direz-vous, on peut adopter un montage dit « indirect » (fig. 16). Très bien.

Reste à déterminer la valeur de la résistance R.

Il faut qu'elle soit au moins du même ordre de grandeur que l'impédance primaire du transformateur. On peut considérer 30.000 ohms comme un minimum.

Le courant anodique sera d'environ 4 milliampères. La chute de tension dans R, sera de 120 volts, et la tension *réellement* appliquée à la lampe ne sera plus que de 200 — 120 = 80 volts.

Nous n'aurons plus de détection de puissance, mais la détection grille vulgaire...

On peut, me soufflez-vous à l'oreille, augmenter la tension de plaque et conserver la résistance de 30.000 ohms.

Si vous voulez. Livrons-nous à un petit calcul. La chute de tension dans la résistance sera de :

$$0{,}015 \times 30.000 = 450 \text{ volts.}$$

Pour avoir, réellement 200 volts sur la détectrice, il faudra disposer, au départ, d'une tension de :

$$450 + 200 = 650 \text{ volts.}$$

C'est plutôt encombrant.

Remplacer la résistance par une inductance?

Mais il faudra un circuit magnétique tel que la saturation ne soit pas à craindre. Sinon, les inconvénients seront les mêmes que pour le transformateur.

La réalisation de l'inductance offrira des difficultés très sérieuses. Il faut que sa valeur soit de l'ordre de 100 henrys et que la capacité répartie demeure aussi faible que possible.

Pour éviter la saturation, nous serons amenés à augmenter la section du circuit magnétique. Mais, de la sorte, nous augmenterons aussi la capacité répartie...

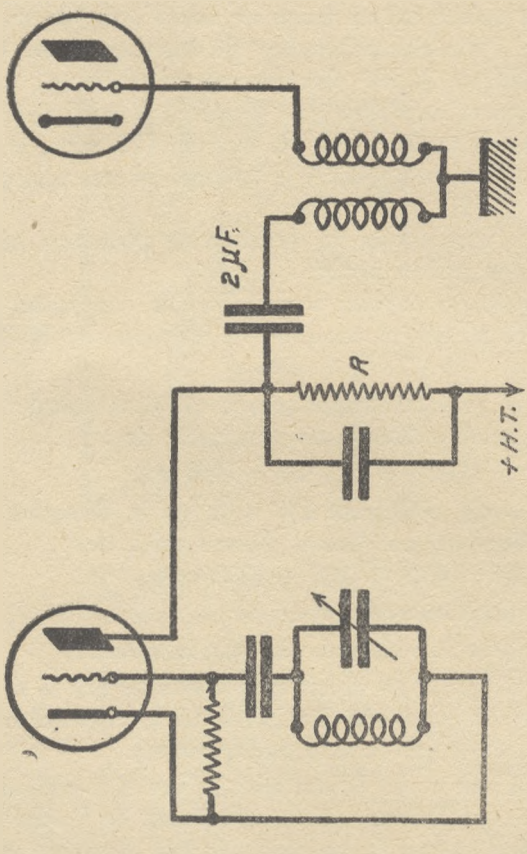


Fig. 16. — Alimentation en parallèle (à travers la résistance R) de la détectrice de puissance. Ce montage a l'avantage d'éviter la saturation du noyau magnétique du transformateur BF par la composante continue du courant de plaque de la détectrice.

Cette inductance ne transmettra point les différentes fréquences acoustiques d'une façon régulière. Nous aurons donc encore une source de distorsion...

Cette seule solution est donc bien loin d'être parfaite.

Admettons même, maintenant, qu'il nous soit possible de réaliser commodément le couplage entre détectrice et basse-fréquence. Nous observerons que la lampe détectrice se fatigue beaucoup et se détériore très rapidement.

Cela se conçoit. Le travail demandé à la cathode est considérable, à cause de la très forte émission électronique. La lampe chauffe. La puissance dissipée sur la plaque est en effet de $200 \times 0{,}015 = 3$ watts. C'est considérable pour une lampe de modèle courant.

Ainsi donc, en vérité, malgré ses belles promesses, la détection de puissance par la grille est d'une très difficile application...

Le plus souvent, on est amené à réduire la tension de plaque, pour réduire l'intensité anodique.

Le couplage devient beaucoup plus facile, mais on ne peut prétendre utiliser, alors, une véritable détection de puissance.

La rectification obtenue est meilleure, comme fidélité, qu'avec la détection grille normale, mais elle est beaucoup moins bonne que si on utilisait la vraie détection de puissance.

Il faut donc, obligatoirement trouver autre chose. La détection par la plaque nous donnera-t-elle la solution cherchée? C'est ce que nous examinerons dans le chapitre suivant.

CHAPITRE III

# DETECTION PAR LA PLAQUE

La détection de puissance par la grille, lorsque nous l'avons étudiée, nous a fait de belles promesses. Un moment, nous avons cru avoir trouvé le détecteur idéal. Il semblait que tout allait pour le mieux; la caractéristique de détection était presque linéaire, le procédé permettait de rectifier des tensions assez importantes pour rendre inutile l'emploi d'un étage d'amplification basse fréquence, entre détectrice et lampe de puissance.

Hélas! Les belles promesses n'ont pas été tenues. D'insidieuses difficultés nous ont fait échouer en arrivant au port. Quand nous avons voulu faire l'application pratique, les obstacles ont surgi, faciles à surmonter en apparence... impossibles à franchir en réalité.

Pour nous consoler, disons-nous que la chose est fréquente chaque fois qu'il s'agit de traduire pratiquement un résultat apporté par l'étude théorique...

Cela nous console, sans doute, mais ne résout point le problème que nous étudions.

Il faut chercher ailleurs.

## Le principe de la détection par la plaque.

Traçons la courbe caractéristique d'une lampe qui donne le courant anodique en fonction de la tension appliquée sur la grille (fig. 17). On sait que pour des tensions négatives de grille élevées — de l'ordre de 12 à 15 volts dans le cas de la figure 17 — le courant anodique commence à circuler.

Le courant anodique commence lentement à augmenter à mesure que la polarisation diminue.

Puis, les variations deviennent de plus en plus grandes et, à partir de 4 volts, elles se stabilisent. A ce moment, une variation de 1 volt grille amène sensiblement une variation de courant plaque de 2 milliampères. C'est —

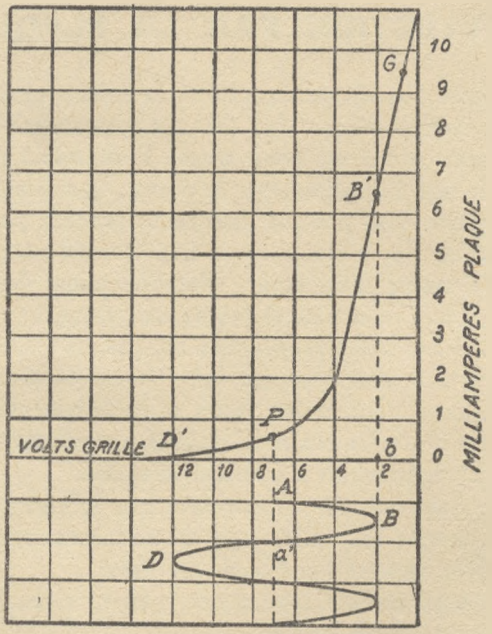


Fig. 17. — Principe de la détection par la plaque.

soit dit en passant — ce qu'on exprime en disant que la pente ou inclinaison de la caractéristique est de 2 milliampères par volt.

Réalisons maintenant le schéma figure 18. Dans le circuit de grille de la lampe, on a inséré un circuit oscillant parcouru par les oscillations à rectifier. Le retour du circuit de grille est fixé sur un potentiomètre, agencé avec une pile. On peut ainsi déterminer très exactement le point de fonctionnement.

Choisissons, par exemple, le point P correspondant à 7 volts et situé dans les régions de forte courbure. Le courant permanent, celui qui circule en l'absence d'oscillations dans le circuit oscillant, est de 0,5 milliampère.

Supposons que le circuit oscillant soit maintenant le

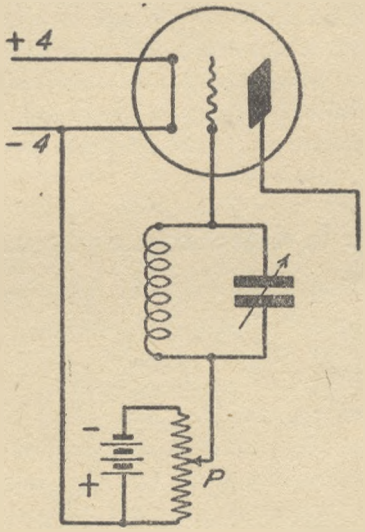


Fig. 18. — Schéma de la détection par la plaque pour lampe à chauffage direct

siège d'un courant à haute fréquence. Suivant les alternances, le point de fonctionnement va se déplacer tantôt du côté des tensions négatives croissantes, tantôt dans l'autre sens.

Le courant anodique suivra les mêmes variations mais à cause de la courbure, il y aura une évidente dissymétrie dans l'amplification. Suivons la chose d'un peu plus près sur la courbe figure 17.

L'alternance A B va donner naissance à un courant

maximum instantané *b*B', c'est-à-dire que *la variation* sera de B'*b* — 0,5 mA = 6 milliampères.

L'alternance négative C D ne peut faire plus que d'annuler le courant anodique; la variation sera donc de 0,5 milliampère. Il y aura donc dissymétrie et l'on observera que le courant moyen anodique prendra une valeur de 2,5 milliampères, par exemple.

Cette augmentation de courant moyen correspond à la rectification d'une oscillation sinusoïdale d'amplitude constante. Si *l'amplitude varie, c'est-à-dire, si l'oscillation est modulée*, il est certain que le courant moyen suivra les variations de la modulation. Il y a donc bien détection.

## Nature de la détection de plaque.

Lorsque nous avons étudié la détection par la grille, nous avons reconnu que la rectification se produisait réellement entre cathode et grille. Après quoi, par le processus habituel, la lampe amplifiait.

Elle amplifiait, d'ailleurs, sans distinction, les impulsions à haute fréquence et les composantes téléphoniques. Il n'en demeure pas moins vrai que dans le circuit de plaque, on trouvait du courant téléphonique sous sa forme habituelle.

Ici, rien de semblable. Pour les oscillations à haute fréquence, la lampe se présente comme un disque marqué « sens interdit » pour les oscillations négatives. Ce n'est pas, à proprement parler, un redresseur, mais un amplificateur-redresseur.

Une impulsion négative de 1 volt ne déclenche rien dans le circuit de plaque mais une impulsion positive de même valeur déclenche l'apparition d'une impulsion équivalant à une force électromotrice de 12 à 15 volts.

Que trouverons-nous donc dans le circuit de plaque? Une série d'impulsions unidirectionnelles à haute fréquence. Pour trouver notre courant téléphonique, il fau-

dra accumuler ces impulsions ou, en d'autres termes, les intégrer...

Il faudra bien se souvenir de ce détail lorsque nous réaliserons le couplage avec la lampe suivante. Faute de cela nous risquerions d'avoir des surprises.

## Caractéristiques de la détection plaque.

Est-il bien nécessaire de réaliser un montage et, laborieusement, de tracer point par point cette caractéristique? Ne peut-on, avec un peu d'astuce, la tirer, par raisonnement, de la figure 17?

Si nous admettons — ce qui est presque vrai — que le point P marque le début de l'apparition du courant anodique, nous pouvons affirmer qu'en gros, la caractéristique de détection aura la même allure que la caractéristique de la figure 17.

Nous l'obtiendrons en remplaçant les tensions continues de grille par des tensions à haute fréquence. Mais le principe même du fonctionnement veut que cela soit équivalent puisque les alternances négatives sont supprimées.

Ainsi donc, nous pouvons représenter figure 19 cette caractéristique. Hélas! elle n'est pas précisément linéaire. Reconnaissons, cependant, qu'elle devient rapidement droite et qu'à partir du point P on pourrait la considérer comme linéaire.

Tout serait pour le mieux si nous ne recevions jamais des tensions à haute fréquence inférieure à 1 volt.

La détection plaque pouvait presque passer pour la détection idéale jusqu'à ces temps derniers. La profondeur de modulation des stations n'était jamais considérable. Il suffisait donc de disposer d'une amplification à haute fréquence sérieuse pour ne soumettre au détecteur que des oscillations de très forte amplitude, dépassant même plusieurs volts.

Nous avions donc adopté ce mode de détection... et

tout allait pour le mieux. Le détecteur était couplé *directement*, sans l'intermédiaire d'un transformateur à une lampe finale de 25 watts dissipés. Nous avions puissance et fidélité.

Mais, Londres modifia sa station; le Poste Parisien, le nouveau Radio-Paris apparurent. Il fallut bien con-

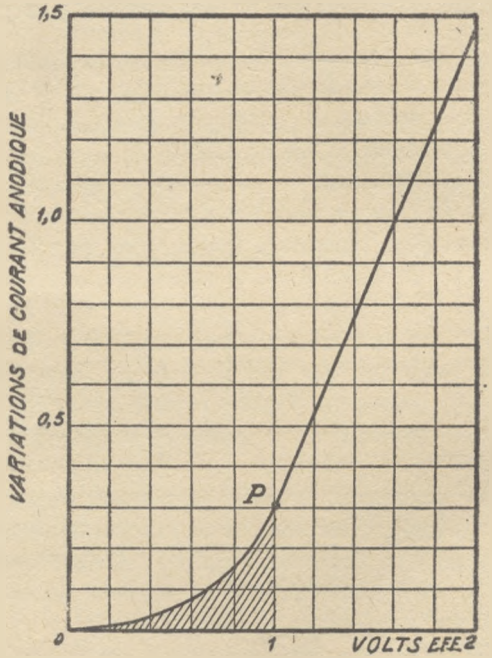


Fig. 19. — Caractéristique de détection par la plaque

venir que quelque chose n'allait plus dans le récepteur. La fidélité de reproduction demeurait remarquable pour la plupart des stations européennes. Pour les autres, on sentait dans les « Forte » un je ne sais quoi de désagréable. Les notes aiguës sortaient sans mal, mais les très graves ne conservaient plus leur caractère musical. de sélectivité.

On avait, par moment, l'impression que la bobine mobile du haut-parleur touchait le noyau polaire. Ce fut lui qu'on mit d'abord en accusation; pauvre innocent!

Enfin, il fallut bien reconnaître que le coupable était le détecteur! Dans les fortes intensités, le point de fonctionnement franchissait le point P et faisait de larges incursions dans la zone interdite.

L'an dernier, la détection par la plaque avait toute notre confiance. Les temps sont révolus... La détection plaque doit, aujourd'hui, être reléguée dans le même tiroir que le détecteur électrolytique...

Mais il peut être intéressant de poursuivre son étude. Nous y trouverons sans doute à glaner quelque chose.

## Avantages de la détection plaque.

1° *Sélectivité.*

Le principal avantage de la détection par la plaque, c'est qu'il ne consomme aucune énergie à haute fréquence.

Les tensions à haute fréquence développées dans le circuit oscillant ne servent qu'à charger la grille. *A aucun moment il n'y a de courant de grille.*

L'espace filament-grille qui shunte le circuit oscillant se comporte donc comme une résistance de valeur infinie. Le détecteur n'apporte donc aucun amortissement

Remarquons qu'il n'en est pas de même pour la détection par la grille. Dans ce cas, il y a un courant grille, par conséquent énergie empruntée au circuit oscillant, et, suite inéluctable, amortissement.

Voilà donc une qualité bien nette de la détection par la plaque, qualité qui se traduit par un gain incontestable

2° *Puissance.*

Le second avantage, c'est qu'on peut soumettre au détecteur des tensions à haute fréquence considérables. Il ne connaît pratiquement pas la saturation. Nous avons

reconnu qu'on avait, au contraire, avantage à soumettre des tensions importantes à la rectification...

La limitation n'apparaît qu'au moment où l'amplitude des oscillations est assez grande pour conduire le point de fonctionnement dans les régions où le courant grille apparaît.

Le courant de grille apparaît pour de très faibles valeurs de polarisation, 0,5 à 1 volt, suivant le type de la lampe utilisée.

En admettant, sur la figure 17 que le courant de grille apparaisse en G, cela nous permet d'admettre à la détection des oscillations dont la tension maximum atteint 6,5 volts environ. C'est considérable.

Pratiquement, l'apparition du courant de grille se traduira par un amortissement très net du circuit oscillant final. L'intensité acoustique recueillie n'augmente plus et un type particulier de distorsion apparaît.

On peut, naturellement, augmenter la valeur de l'intensité maximum en augmentant la tension anodique et, par suite, la polarisation. Cette intensité maximum, avec une lampe normale, et en utilisant 160 volts sur la plaque est plusieurs fois supérieure à celle qu'une détection grille de puissance permet de recueillir.

## Les inconvénients de la détection par la plaque.

Le plus grave inconvénient, c'est celui que nous avons signalé plus haut : la caractéristique n'est pas linéaire et par suite, les émissions à grande profondeur de modulation subissent une très appréciable distorsion.

Il est encore d'autres inconvénients qu'il convient de mettre en évidence pour avoir une opinion définitive sur la détection par la plaque.

A) *Impédance interne élevée.*

La lampe qui nous sert de détectrice possède, d'après

les catalogues, une impédance interne de 7.500 ohms. Mais cela n'est vrai que dans les conditions normales d'emploi, c'est-à-dire avec une polarisation de 4,5 volts pour une tension anodique de 150 ou 160 volts. Dans le cas présent, nous avons volontairement exagéré la polarisation. Elle atteint 8 ou 10 volts et, en conséquence, l'impédance se trouve immédiatement augmentée. Avec certaine lampe, elle atteindra facilement 25, 30.000, voire 50.000 ohms.

Or, on sait que certaines relations doivent être respectées entre l'impédance de la lampe et celle de l'élément qui la suit.

Cet élément, ce sera le transformateur basse fréquence.

Pour que les fréquences acoustiques soient correctement reproduites, il est nécessaire que l'impédance primaire du transformateur soit grande par rapport à l'impédance de la lampe.

Cette condition pouvait parfaitement être réalisée lorsque l'impédance de la lampe était de 7.500 ohms. Mais elle ne l'est plus, sans doute, depuis que le chiffre de 7.500 est monté à 30.000.

Nous noterons immédiatement que l'amplitude des notes graves est fortement diminuée. La chose est extrêmement frappante lorsqu'on combine les circuits pour passer rapidement de la détection par la plaque à la détection par la grille.

Pour éviter le mal, il convient d'utiliser seulement, avec la détection par la plaque, un couplage par résistance capacité ou, encore, un transformateur de liaison d'excellente qualité.

D'ailleurs, il ne faut pas s'exagérer le mal, car deux points particuliers doivent retenir l'attention.

D'abord, le courant qui circule dans le primaire du transformateur est beaucoup plus faible qu'avec la détection par la grille. Dans ce dernier cas, il peut atteindre et même dépasser 10 milliampères, dans le cas pré-

sent, il est en moyenne, de l'ordre de 1 milliampère. Le circuit magnétique du transformateur travaille beaucoup plus loin de la saturation et, à cause de cela, l'impédance du circuit primaire est beaucoup plus élevée.

Le deuxième point, c'est que, dans les récepteurs modernes, on cherche souvent à augmenter l'amplification

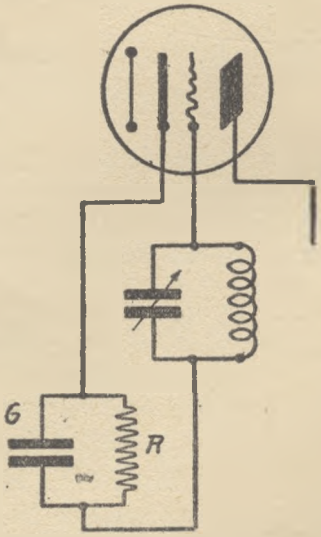


Fig. 20. — Schéma de la détection par la plaque pour lampe à chauffage indirect

des notes aiguës par rapport aux notes graves. On compense ainsi le défaut dû à un excès de sélectivité.

B) *Composante haute fréquence.*

Le second défaut est dû à la présence de composantes à haute fréquence dans le circuit anodique. Si des précautions particulières ne sont pas prises, ces composantes peuvent venir troubler le fonctionnement de l'étage final.

## La détection plaque dans les postes-secteur.

Nous avons supposé que la polarisation nécessaire était fournie par des piles. C'est dire qu'elle est tout à fait indépendante de la tension soumise au détecteur. On ne peut guère songer à employer une pile dans un appareil alimenté sur le secteur.

On utilise, alors, le dispositif de la figure 20. On insère une forte résistance R de l'ordre de 10.000 ohms, dans le retour cathodique de la lampe. Le courant plaque traverse forcément cette résistance pour revenir à la cathode et produit alors la polarisation cherchée.

Il y a cependant un fait nouveau. Dès que des oscillations sont soumises à la détection, il y a augmentation du courant moyen et, par conséquent, augmentation de la polarisation.

La caractéristique de détection change complètement d'allure. Elle devient alors très sensiblement parabolique.

Cependant, tout ce que nous avons écrit plus haut, au sujet de la détection plaque normale demeure entièrement applicable.

## Conclusions.

Dans cette étude sur la détection par la plaque, avons-nous trouvé le chemin vers le détecteur idéal ? Franchement, on ne saurait le prétendre...

La détection par la plaque pouvait présenter un très gros intérêt au temps où la profondeur de modulation demeurait très faible. Mais il n'en est plus de même aujourd'hui. Elle ne présente plus guère qu'un intérêt rétrospectif et documentaire.

---

CHAPITRE IV

# AVANTAGES DE LA DETECTION LINÉAIRE

Parvenu à ce point de notre étude et devant les difficultés rencontrées, on peut se demander si les avantages présentés par la détection linéaire sont tels qu'ils justifient nos efforts.

Nous pensons donc qu'il est temps de fixer ce que nous gagnerons exactement en utilisant un détecteur linéaire.

## La détection linéaire et la fidélité de reproduction.

Au cours des chapitres précédents, nous avons appris ce qu'il fallait entendre par « caractéristique » de détection.

Reprenons donc la caractéristique correspondant à la détection de plaque (fig. 21).

Supposons qu'il s'agisse de soumettre à la détection une tension à haute fréquence modulée par un son acoustique *pur*.

Pur, c'est-à-dire : sans harmoniques. En termes plus savants on dira que la vibration peut être représentée par la courbe sinusoïde (fig. 22). Une telle courbe est parfaitement symétrique par rapport à l'axe O X. C'est dire, entre autres choses, que les lignes *ab*, *cd*, *ef*, sont absolument égales, ainsi que les grandeurs *op*, *pq*, *qr*, etc...

Notons en passant qu'il existe musicalement des sons presque purs : la flûte, certains tuyaux d'orgues, etc...

Et puis, chose beaucoup plus importante, un son musical quelconque peut être considéré comme une superposition des sons purs de hauteur et d'intensité différentes.

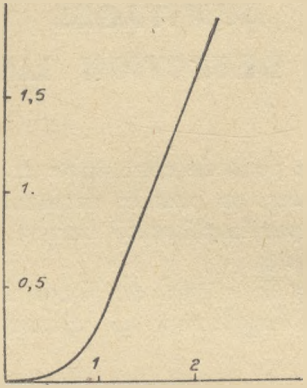


Fig. 21. — Caractéristique de détection par la plaque.

Nous pouvons supposer que notre son sinusoïdal est une fraction — si l'on peut dire — d'une reproduction d'orchestre ou d'une voix.

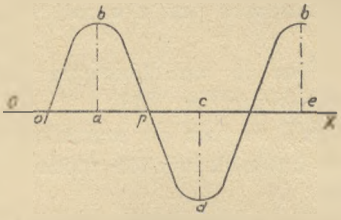


Fig. 22. — Une sinusoïde.

Quoi qu'il en soit, ce son purement sinusoïdal nous a servi à moduler profondément des oscillations à haute fréquence... (fig. 23).

Soumettons ces oscillations au détecteur. Il est facile de construire la courbe enveloppe des impulsions que donnera le détecteur (fig. 24).

Le point *b* donne le point *b*".
Le point *d* donne le point *d*".
L'axe de la sinusoïde initiale devient *o'x'*.

La courbe obtenue est absolument dissymétrique par rapport à cet axe. La courbe reproduite n'est plus une sinusoïde. Conséquence : le son reconstitué par le haut-parleur ne sera plus un son pur. Le détecteur aura donc apporté une distorsion extrêmement appréciable.

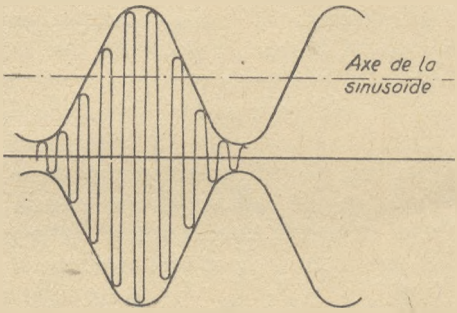


Fig. 23. — Oscillation HF modulée par un son pur (sinusoïdal).

Cette simple construction fait toucher du doigt plusieurs points intéressants.

Tout d'abord, la courbe obtenue aurait été sinusoïdale si le détecteur avait été linéaire, c'est-à-dire si la caractéristique de détection avait été une droite depuis le point *b'* jusqu'à l'origine.

La reproduction aurait été presque correcte si la profondeur de la modulation avait été peu importante. En effet, le point *d'* n'aurait point été jusque dans les régions fortement coudées de la caractéristique, et la dissymétrie aurait été beaucoup moins apparente.

On aurait également amélioré la reproduction en *augmentant l'amplitude*, car on aurait proportionnellement réduit l'importance de la partie courbe.

Enfin, si l'on avait consenti à réduire la profondeur

de modulation et, en même temps à augmenter l'amplitude des tensions à haute fréquence, on aurait pu obtenir pratiquement une détection parfaite.

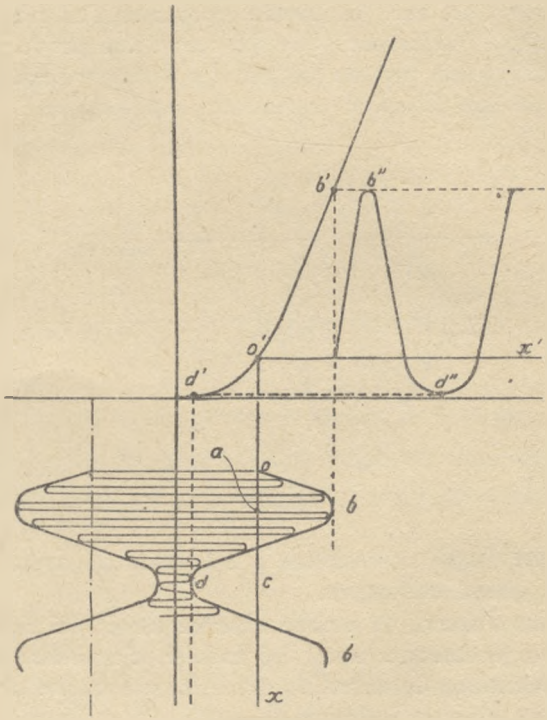


Fig. 24.

## L'effet de démodulation des signaux forts par les signaux forts.

C'est cet effet qui, depuis quelques mois a suscité des recherches intéressantes dans tous les pays. Tout le monde connaissait plus ou moins le phénomène. Il n'est sans doute pas un auditeur qui n'ait eu contact avec lui.

Mais on n'y prêtait nulle attention. On ne voyait point quel intérêt il pouvait présenter... Ce fut à la suites des controverses dont le « Sténode Radiostat » du Dr Robinson fut le départ qu'on commença sérieusement à s'intéresser à cet effet et à voir quelle ressource précieuse il pouvait être pour améliorer la sélectivité des récepteurs.

On peut définir le problème de démodulation comme suit :

Lorsqu'on soumet simultanément à la détection deux oscillations modulées dont le rapport des amplitudes moyennes est, par exemple, de 1/10e, on trouve, après détection un rapport beaucoup plus faible dans les tensions téléphoniques correspondantes 1/30e ou 1/40e par exemple.

L'effet de démodulation est de plus en plus important à mesure que le rapport des amplitudes diminue. Il acquiert toute son importance avec un détecteur linéaire. Il est cependant facile à mettre en évidence avec les détecteurs usuels.

## Comment se traduit l'effet de démodulation dans votre récepteur.

Les amateurs parisiens qui possèdent un récepteur modérément sélectif peuvent normalement entendre l'émission de Rome, lorsque la station de l'Ecole Supérieure des P. T. T. ne transmet pas. Ils savent parfaitement que l'émission italienne disparaît brusquement dès que la station française se met en marche, *même en l'absence de modulation.*

On a coutume d'expliquer cela en disant que l'onde porteuse locale « sature le détecteur ». Il est facile de voir que cette explication n'est pas bonne. Il suffit de diminuer la sensibilité du récepteur. On devrait entendre Rome de nouveau, plus faiblement sans doute... Or, il n'en est rien. L'émission lointaine est complètement étouffée.

L'explication vraie, c'est que l'onde de la rue de Grenelle *démodule* entièrement l'autre émission.

Autre fait d'observation quotidienne; constaté toujours avec un récepteur modérément sélectif.

Vous réglez votre récepteur sur Radio-Toulouse. Vous entendez parfaitement l'émission et vous l'entendez seule, sans aucun brouillage. Mais, tout à l'heure, le « fading » va sévir sur l'audition méridionale. L'intensité d'audition va diminuer. En même temps, un brouillage naîtra et la voix française pourra fort bien être remplacée par la voix allemande de Leipzig, dont la longueur d'onde est très voisine.

Cette substitution est constatée vingt fois par soirée chez tous les auditeurs de stations lointaines.

L'explication est la suivante :

Tout à l'heure, Radio-Toulouse était très puissant. Les oscillations correspondantes parvenaient à la détection en même temps que les oscillations d'amplitude plus faibles produites par l'émission allemande.

A cause du rapport des amplitudes, ces dernières étaient démodulées d'une façon à peu près complète.

Mais l'amplitude de Radio-Toulouse a diminué et l'effet de démodulation a été de moins en moins important. Bientôt, il n'a plus été suffisant pour étouffer complètement Leipzig. Vous avez commencé à entendre la station allemande.

Radio-Toulouse poursuivant sa descente, l'effet de démodulation a pratiquement cessé. Bien mieux, il a pu se produire de nouveau *mais dans un sens opposé;* cette fois, Leipzig a démodulé Radio-Toulouse.

Citons encore un fait facile à observer :

Quand il y a des parasites violents, industriels ou d'origine atmosphérique, on constate qu'ils sont à peu près étouffés lorsque le récepteur est réglé sur une station locale ou puissante. Même en l'absence de modulation, on observe que les perturbations ont à peu près

disparu. En fait, elles sont *démodulées* par l'oscillation puissante.

Si celle-ci présente du « fading » on observe que les perturbations reprennent de la vigueur dès que la station écoutée s'affaiblit.

Il s'agit bien encore d'une conséquence de la démodulation.

Notons, en passant, qu'avec les détecteurs du type « square law » on note souvent, pour les faibles amplitudes, un effet exactement inverse. Les parasites sont plus violents pendant qu'il existe un signal. Le simple examen de la courbe explique ce phénomène.

## Conséquences pratiques de l'effet de démodulation.

### a) *Sélectivité*

Ainsi donc, sans aucun doute, tous les amateurs connaissent le phénomène de démodulation. Ce n'est point pour eux un nouveau venu. Mais, jusqu'ici, ils ne l'ont utilisé que d'une façon involontaire. Peut-on en faire un usage systématique ? Dans quel sens ?

L'acquisition évidente, c'est une augmentation de la sélectivité. Il suffit d'amener, par le filtrage ordinaire à travers des circuits oscillants, le poste brouilleur à n'avoir plus qu'une amplitude de 1/20e de signal pour que le détecteur se charge du reste. C'est d'un intérêt pratique immédiat.

L'effet de la sélectivité acquise simplement par des cascades de circuits oscillants peu amortis est bien connu : c'est une réduction des fréquences élevées de la modulation.

La sélectivité acquise par l'effet de démodulation n'entraîne point le même inconvénient ou, tout au moins, si elle l'entraîne, c'est à degré moindre. Nous reviendrons d'ailleurs sur ce point un peu plus tard.

### b) *Compensation des fréquences élevées*

On a beaucoup parlé, et c'est encore le « Sténode Radiostat » qui nous a valu cela, de compenser les fréquences aiguës, affaiblies par l'excès de sélectivité d'un récepteur. Il faut bien s'entendre sur ce fait pour ne point risquer de faire un travail inutile.

Supposons qu'un brouilleur gêne notre réception. Il produit, par exemple, un sifflement à 3.000 périodes par seconde.

Nous allons utiliser des circuits très sélectifs en nombre suffisant pour que le brouilleur soit vingt fois plus faible que le signal. Mais, en même temps, nous allons réduire toutes les fréquences élevées dans une proportion considérable, qui variera, d'ailleurs, avec la fréquence elle-même.

Après détection, nous allons corriger tout cela en utilisant un amplificateur tel que les fréquences élevées soient favorisées. La construction d'un tel appareil n'offre point de difficultés sérieuses.

Par exemple, la note correspondant à 3.000 périodes par seconde a subi un certain affaiblissement. Nous allons lui faire subir un renforcement convenable. Tout rentrera dans l'ordre.

Oui... sans doute... mais le sifflement d'interférence à 3.000 périodes sera, lui aussi renforcé. Notre « compensation » va donc ramener le brouillage avec la même intensité? A quoi bon se donner tant de mal pour n'arriver qu'à cela !

Cela serait parfaitement exact si nous ne faisions point intervenir la « démodulation ». C'est ce « fait nouveau » qui permet la révision du procès.

La note 3.000 périodes par seconde provenant de l'interférence et la note 3.000 périodes par seconde provenant de l'émission ne *se comportent point de la même façon dans le détecteur.*

La première est démodulée, la seconde ne l'est pas, ou l'est beaucoup moins. Si les deux notes étaient d'am-

plitudes égales avant détection, on constate après détection que le rapport est de $1/10^e$ par exemple. Il est évident que la compensation maintiendra ce rapport et, finalement, on aura gagné quelque chose. Avec quelques précautions ce « quelque chose » peut être assez important pour justifier la complication apportée par le dispositif compensateur.

## L'effet de démodulation et la théorie.

L'étude théorique de l'effet de démodulation est fort compliquée. Elle entraîne vers des discussions mathématiques fort savantes et — hâtons-nous d'ajouter — pas toujours très convaincantes : D'après certains auteurs anglais l'effet de démodulation serait considérable.

Des mesures de M. P. David ne sont point exactement d'accord avec les résultats théoriques de Beatty, Butterworth, Appleton, etc... M. David a conclu néanmoins à l'existence incontestable de l'effet de démodulation.

Pour expliquer la différence de traitement dont bénéficie un brouillage à 3.000 périodes et les notes correspondantes de la modulation, la plupart des auteurs font intervenir la symétrie des bandes de modulation. Cette symétrie n'existe évidemment pas pour le brouillage.

M. P. David objecte à cela que la symétrie des bandes de modulation est toute théorique. Elle est admissible au départ, dans l'antenne d'émission. Mais il intervient forcément des différences dans la propagation de sorte qu'il est difficile d'admettre que les bandes de modulation soient parfaitement symétriques dans le circuit du détecteur...

Evidemment, ce vieux phénomène nouveau pose encore bien des problèmes...

Ne nous attardons pas sur ces points. Le phénomène existe, cherchons à en profiter le plus largement possible...

Signalons, avant de terminer ce paragraphe que MM. Appleton et Boohariwala donnent dans *Wireless Engineer* (mars 1932), une formule très simple qui permet de calculer l'effet de démodulation.

Supposons que le signal qu'on veut entendre nous donne une tension V. Le signal, plus faible, donné par le brouilleur donne une tension B. La réduction d'amplitude après brouillage serait de B/2 V.

Prenons un exemple. Le signal nous donne une tension efficace de 1 volt; le brouilleur de 0,1 volt seulement.

La démodulation après détection sera :

0,1 : 2 ou 1/20.

Il faut noter que ce chiffre est tout à fait en accord avec les résultats expérimentaux de M. P. David.

## Les conditions nécessaires pour reproduire la « démodulation ».

Il faut, en premier lieu que la détection soit linéaire.

La rectitude de la caractéristique n'est pas la seule condition à remplir. Il faut encore que la constante de temps (C. R.) du circuit de détection soit aussi petite que possible. Des travaux expérimentaux de Appleton et Fry (*The Electrician*, 15 juillet) et de M. V. Callendar (*Proceeding of the Institute of Radio Engineers*) mettent ce point en évidence.

Les chiffres suivants sont cités :

Condensateur de détection : 0,1/1.000. Résistance: 500.000. Démodulation 2.

Condensateur de détection : 2/1.000. Résistance : 500.000. Démodulation 3.

Par conséquent, pour profiter de l'effet de démodulation, il faut employer un condensateur et une résistance de détection aussi faibles que possible.

On sait que, d'autre part, ces conditions sont favorables à la reproduction correcte des fréquences élevées.

CHAPITRE V

# DETECTION LINEAIRE PAR DIODE

L'intérêt pratique de la détection par diode est absolument incontestable. Il ne nous reste plus qu'à déterminer le schéma qui donne la rectitude absolue de la caractéristique.

Nous avons terminé le voyage de recherches dans les sentiers battus. Nous avons interrogé les schémas de détection bien connus et la réponse qu'ils nous ont donnée n'est pas bien consolante... la détection linéaire semble ne pas exister.

Ni la classique détection par condensateur shunté, ni la détection grille de puissance, ni la détection par la plaque ne peuvent nous l'assurer.

C'est, après comparaison, la détection de puissance par la grille qui semble se rapprocher des conditions cherchées. Malheureusement, les résultats sont plus théoriques que pratiques. Les difficultés surgissent lorsqu'il s'agit de l'appliquer.

On peut s'étonner de cela quand on remarque que la publicité de tous les récepteurs commerciaux proclame tranquillement : *détection grille de puissance*... Dans 75 % des cas, il ne s'agit pas réellement d'une détection de puissance, mais d'un circuit hybride, moitié carpe, moitié lapin, qui tient de la détection grille par certains côtés et de la détection de puissance par d'autres...

Et puis, malgré son nom, la détection de puissance n'est pas assez puissante... Avec les récepteurs elle ne peut assurer la rectification des tensions à haute fréquence importantes qu'on peut trouver aux bornes du circuit oscillant final. Un simple coup d'œil sur la carac-

téristique de la figure 25 est assez révélateur. Quand on augmente l'amplification à haute fréquence, on arrive rapidement au point P, pour lequel la courbe commence à s'infléchir sérieusement.

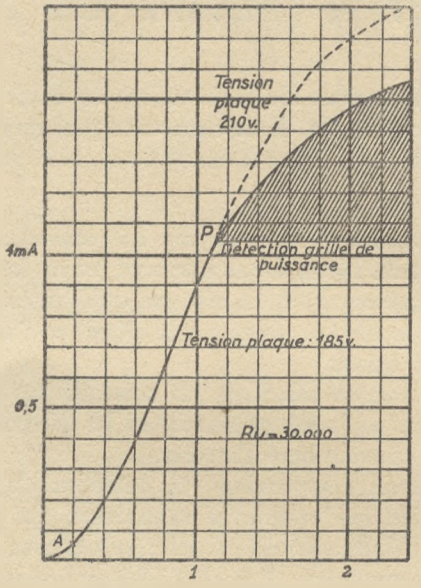


Fig. 25. — Caractéristique de détection de puissance.

C'est bien regrettable, parce que la portion A P est remarquablement droite.

## La cause de la courbure.

Dans les chapitres précédents, nous avons étudié le mécanisme de la détection par la grille. Nous avons reconnu qu'il y avait deux phénomènes bien différents :

1° Rectification dans le circuit de grille;

2° Amplification par l'habituel mécanisme des électrons entre cathode (ou filament), grille, et plaque...

Or, dans le cas présent, c'est cette dernière partie qui fait faillite. A mesure que les tensions à détecter vont devenir plus fortes, la chute de tension aux bornes de $R_g$ (fig. 26) augmentera, et, par conséquent, la polarisation de grille également.

Le point de fonctionnement entrera dans les régions coudées de la caractéristique tension-grille-courant-plaque, et le résultat sera l'inflexion constatée à partir du point P.

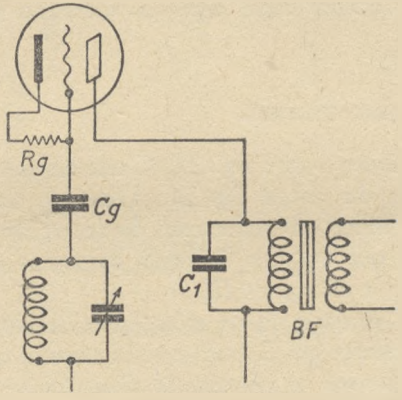


Fig. 26. — Détection de puissance par la grille.

L'augmentation de la tension anodique permet, en principe, d'éviter l'écueil, c'est ainsi que pour une tension de 210 volts, on obtiendrait la courbe en pointillé. Mais, à ce moment, le courant anodique devient tel que le problème du couplage entre détectrice et lampe de puissance est à peu près insoluble, tout au moins de façon économique.

## Renonçons donc à l'amplification...

En somme, la lampe veut bien détecter, mais elle se refuse à amplifier en même temps. Elle ne veut pas cumuler. L'expérience montre qu'on peut soumettre entre cathode et grille des tensions à haute fréquence *dépas-*

*sant 30 volts* et que la rectification s'opère parfaitement bien. De ce côté là, aucune surcharge n'est à craindre.

Mais, alors, nous pouvons peut-être entrevoir la solution, en cherchant dans cette direction. Nous aurons par exemple :

1° Une lampe pour redresser entre cathode et grille.

2° Une autre lampe pour amplifier, mais nous pourrons, dans ce cas, éviter que les tensions à haute fréquence déplacent son point de fonctionnement.

Et nous aurons ainsi créé la détection par diode-triode...

## Un premier circuit.

Nous l'avons figuré fig. 27. C'est, en somme, la décomposition du circuit fig. 26. Dans ce dernier, nous avons en réalité un redresseur diode et un amplificateur triode qui ont des éléments communs et qui sont couplés par la résistance $R_g$.

Il en est exactement de même pour le circuit fig. 27, mais la présence de C évite que la tension de grille de la seconde lampe ne soit sous la dépendance du courant qui circule dans $R_g$. Le point de fonctionnement moyen de la lampe triode demeurera donc invariable et la détection parasite par l'anode ne sera pas à craindre.

Toutefois, tout cela n'est vrai qu'*a priori*. Rien ne vaut le contrôle de l'expérience...

Pour nous assurer du fait, nous introduirons donc un milliampèremètre dans le circuit de plaque de la lampe triode et nous serons profondément vexés lorsque nous aurons dûment constaté que la détection d'une émission quelconque produit une diminution nette du courant anodique...

Que s'est-il donc passé? Rien que de très normal. Les oscillations à haute fréquence traversent $C_g$ et C, arrivent, sans aucune difficulté, sur la grille de la lampe triode. A partir de ce moment, celle-ci n'est plus qu'une

vulgaire détectrice. Nous avions l'illusion d'obtenir une détection par diode : ce n'était qu'un rêve.

Et nous en serons parfaitement convaincus quand nous aurons remarqué que l'enlèvement du diode ne modifie pratiquement pas l'intensité de réception.

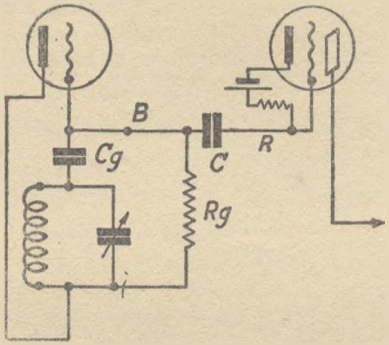


Fig. 27. — Décomposition du circuit de la figure 2 en détectrice et amplificatrice

Il faut donc, à tout prix, éviter l'incursion de la haute fréquence dans la zone qui lui est interdite. Nous ferons, pour cela appel à une bobine d'arrêt. (Les gens qui s'y connaissent disent « une bobine de choc »).

## Un second circuit plus complet.

Nous la placerons, par exemple, au point B (fig. 27) et nous obtiendrons ainsi le circuit fig. 28.

Cette fois, si la bobine d'arrêt est convenable — et nous verrons que la difficulté réside souvent là — nous obtiendrons un fonctionnement correct. Un milliampèremètre, placé dans le circuit de plaque de la lampe triode, n'accusera en cours de fonctionnement aucune variation de courant.

Nous pouvons, d'ailleurs, encore perfectionner le système... Nous souhaitons recueillir, aux bornes de $R_g$, des variations de courant téléphonique. Nous n'avons que faire des variations à haute fréquence, puisque pré-

cisément, nous avons placé une bobine d'arrêt pour les éviter. Nous pouvons donc shunter cette résistance par un condensateur $C_2$. Le rôle de celui-ci, combiné avec la résistance $R_g$, sera d'intégrer en quelque sorte les impulsions unidirectionnelles à haute fréquence, transmises par le diode. Il aidera la bobine d'arrêt dans son office.

L'action de ce condensateur sera semblable à celle du condensateur $C_1$ (fig. 26). Mais une énorme diffé-

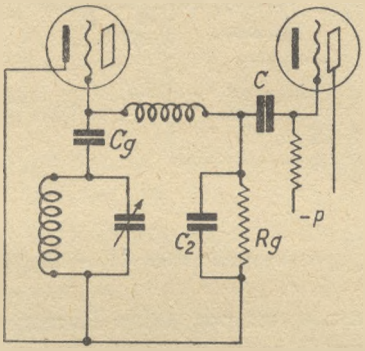


Fig. 28. — Elimination de la composante H. F. sur l'amplificatrice

rence surgit cependant. Dans la figure 26, pour obtenir un fonctionnement correct, sans réactions parasites dans les circuits à haute fréquence, nous serons souvent amenés à utiliser des valeurs de 2/1.000, voire parfois 4 ou 6/1.000. On court-circuite ainsi la composante à haute fréquence. Par malheur, on court-circuite également les composantes aiguës de la modulation. Les harmoniques des instruments et des voix, les termes impondérables qui donnent à la musique la vie et la couleur sont à peu près éliminés.

Dans le cas de notre détection par diode, un condensateur de 0,1/1.000 suffira toujours. Résultat : une reproduction infiniment plus brillante, plus détachée, plus riche, en un mot plus réelle.

Mais pourquoi cette différence? Pourquoi faut-il dans le premier cas une capacité 20 ou 40 fois plus élevée que dans le second?

La réponse est immédiate. Dans le premier cas les impulsions à haute fréquence sont amplifiées par la lampe; dans le second cas, elles ne le sont pas.

Pour un même résultat final, l'action devra être beaucoup plus brutale dans le premier cas.

## Caractéristique de la détection par diode

Nous ne pouvons, évidemment, relever la caractéristique de la détection par diode comme nous l'avons fait pour les autres détecteurs. Nous mesurions, en effet, les variations de courant anodique, produites par des tensions à haute fréquence variables.

Or, dans le cas présent, il n'y a pas de variation de courant anodique.

Mais nous pouvons procéder autrement. Nous soumettrons au détecteur des oscillations à haute fréquence modulées et nous mesurerons les tensions téléphoniques recueillies.

Nous obtiendrons ainsi la caractéristique de la figure 29. On voit que, sauf une portion coudée au début, on peut la considérer comme pratiquement droite. Pour que la comparaison soit possible, nous avons figuré à la même échelle la caractéristique de la détection grille de puissance. Ainsi la différence est tangible. Le détecteur par diode peut assurer le redressement de tension à haute fréquence trois ou quatre fois plus importante que l'autre. Même pour des amplitudes considérables du courant à haute fréquence, la détection demeure linéaire. La partie courbe du début peut être négligée.

La sensibilité demeure exactement la même que celle de la détection grille de puissance. C'est dire qu'elle est largement supérieure à celle de la détection par la plaque et très légèrement inférieure à celle de la détection normale par condensateur shunté.

## Amortissement.

La résistance $R_g$ est traversée par le courant redressé par le détecteur. On pourrait le mesurer à l'aide d'un appareil de mesure convenable. Il faudrait pour cela un microampèremètre.

Puisqu'il en est ainsi, une certaine énergie est dépen-

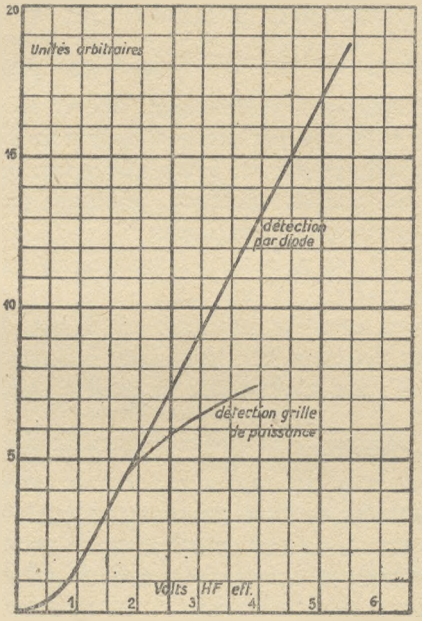


Fig. 29. — Comparaison des caractéristiques de détection de puissance et de détection par diode

sée dans cette résistance — mesurée par $R_g \times I^2$, si l'on appelle I le courant efficace qui traverse la résistance.

Mais, d'où vient cette énergie? Elle est évidemment empruntée au circuit oscillant. Puisqu'il y a absorption d'énergie il y a, sans doute, amortissement du circuit.

C'est évidemment un défaut que n'avait pas la détec-

tion par la plaque, mais que possédait, au même degré, la détection par condensateur shunté ou la détection de puissance.

Le mal n'est pas grand, si tous les autres éléments de l'appareil sont bien adaptés.

S'il s'agit d'un appareil à changement de fréquence, nous observerons simplement que l'accord du dernier circuit est très légèrement plus flou que s'il s'agissait d'un détecteur utilisant la courbure de plaque.

## Une expérience curieuse et d'apparence paradoxale.

Il ne peut y avoir aucun doute si l'on relève par les procédés habituels la courbe de résonance d'un circuit oscillant alimentant un diode, et la courbe du même circuit alimentant un détecteur par la plaque, on observera que la sélectivité est nettement moindre (fig. 30).

On doit donc s'attendre à obtenir en pratique des brouillages légèrement plus forts, des interférences plus nettes.

Mais nous avons déjà, plus haut, appris à nous méfier des raisonnements *a priori*. Il faut toujours laisser parler la voix de l'expérience.

Ainsi donc, montons un appareil quelconque, mais agencé de telle sorte que l'on puisse très rapidement passer de la détection par diode à la détection par la plaque.

Une telle réalisation n'a rien de délicat.

Utilisons d'abord, la détection par la plaque. Réglons l'appareil sur l'émission de Rome 441 m., en supposant que l'expérience ait lieu à Paris. Si notre récepteur est parfaitement sélectif nous n'entendrons pas du tout la station de l'Ecole Supérieure des P. T. T. Nous pouvons cependant détruire volontairement un peu de la sélectivité du récepteur. Pour cela, nous avons de nombreux moyens à notre disposition : déréglage des circuits, augmentation du collecteur d'ondes, etc.

Arrangeons-nous donc pour que la station des P. T. T. soit perçue dans l'arrière-plan. Pendant les silences nous pouvons comprendre ce que dit le « speaker ».

Nous avons réglé le récepteur pour que l'émission italienne soit reçue avec une grande puissance. Nous travaillons à la limite de ce que peut fournir le détecteur.

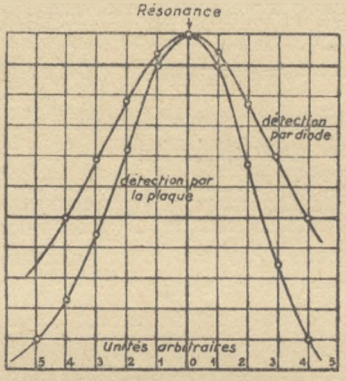


Fig. 30. — Courbes de résonance pour détection par diode et pour détection par la plaque

Pour observer la différence de sélectivité, nous allons maintenant utiliser la détection par diode.

Nous pouvons nous attendre à observer un brouillage plus important. Le léger mélange que nous avions provoqué va sans doute s'exagérer et devenir insupportable. Il semble bien que tout permette logiquement cette prévision.

Grosse erreur. Lorsque le détecteur diode est utilisé nous observerons immédiatement une augmentation nette de puissance et *la disparition complète de l'émission brouilleuse*.

Pourtant, on apprend à l'école que la sélectivité d'un appareil dépend de l'acuité de la résonance.

Les courbes ne laissent aucun doute à cet égard (voir fig. 30). Il s'agit donc de l'effet de démodulation que nous avons signalé plus haut.

CHAPITRE VI

# REALISATION PRATIQUE DE LA DETECTION PAR DIODE

## Revue des avantages et des inconvénients

La détection par diode, vers laquelle l'examen de tous les systèmes de détection usuels nous a conduit, semble bien réaliser ce détecteur parfait que nous cherchions.

Toutes les qualités sont présentes : rectitude presque parfaite de la caractéristique, possibilité d'utiliser des tensions à haute fréquence très importantes, sensibilité du même ordre de grandeur que celle de la détection par la grille, facilité de couplage avec la lampe finale...

La rectitude de la caractéristique donne une reproduction parfaite. Il devient possible de rectifier sans distorsion les émissions profondément modulées des stations modernes. La détection plaque ne permet pas cela sans dommage pour la pureté des sons qu'il s'agit de reproduire.

Autre point très important : le détecteur linéaire permet de profiter de l'effet de « démodulation » et d'accroître aussi d'une façon très appréciable la sélectivité du récepteur. Nous n'insistons sur aucun de ces points particuliers. Nous avons développé longuement ces avantages dans nos précédents chapitres.

On peut soumettre au détecteur des tensions importantes. La conséquence évidente, c'est qu'on recueille, après détection, des tensions téléphoniques elles-mêmes importantes. On peut profiter de toute l'amplification à haute fréquence des récepteurs modernes. *On pourra at-*

*taquer directement la lampe de puissance après la détection.* L'emploi d'un transformateur de couplage devient inutile. Or, on sait que les déformations les plus importantes sont toujours produites dans l'amplificateur à basse fréquence. Les lampes modernes à écran, les lampes à pente variable en particulier, nous permettent de réaliser des amplificateurs à haute fréquence dans lesquels la distorsion est à peu près négligeable.

Avec les modes normaux de détection, les tensions téléphoniques disponibles après détection sont trop réduites pour qu'on puisse songer à coupler directement la lampe finale à l'aide d'une résistance. Il faut faire appel au transformateur... et le transformateur parfait est un mythe. La détection par la plaque fait exception, mais elle produit, elle-même, la distorsion.

Voici donc des avantages extrêmement nets et précieux. Mais n'y a-t-il point des inconvénients?

L'inconvénient qui saute aux yeux, c'est que deux lampes sont nécessaires pour assurer la détection. C'est un fait indiscutable. Pour adopter la détection par diode, il faut ajouter un support de lampe à l'appareil. Il faut alimenter le filament. L'alimentation plaque ne change pas, puisque la lampe diode fonctionne sans tension anodique.

Il faut se résigner à cela. On peut avouer que l'inconvénient n'est pas grave. Il n'y a guère que le prix d'achat de la lampe qui intervient dans l'économie générale. En effet, les autres éléments du montage demeurent sensiblement ceux d'une détection par condensateur shunté.

Cette objection, d'ailleurs, ne tient guère aujourd'hui. Les constructeurs nous présentent maintenant des lampes qui, dans une seule ampoule, comportent tous les éléments de la détection par diode.

## Sur quels récepteurs adopter la nouvelle détection?

La réponse à cette question pourrait être très laconique: sur tous. Jadis, lorsque la détection par la plaque était considérée comme la meilleure, on ne conseillait guère de l'utiliser que sur des appareils munis de plusieurs étages d'amplification à haute fréquence. On n'aurait point pensé à la détection par la plaque en étudiant un simple récepteur à une ou deux lampes.

En effet, on savait que le défaut de ce mode de détection était le manque de sensibilité aux signaux faibles. La détection par la plaque ne reprenait ses avantages qu'à condition d'amener au détecteur des oscillations d'amplitude assez grande.

S'il en était bien ainsi, si l'appareil possédait au moins deux étages d'amplification à haute fréquence, on admettait que la détection par la plaque était à peu près parfaite...

Qu'on nous permette d'ouvrir ici une parenthèse. A la suite de nos articles sur la détection, quelques lecteurs nous ont écrit malicieusement en nous signalant une contradiction apparente entre des articles publiés ailleurs, il y a déjà longtemps, et ceux que nous écrivons aujourd'hui sur le même sujet.

A cette époque, nous avions conclu que la détection par la plaque présentait des avantages considérables... Vérité d'hier, mensonge d'aujourd'hui. A l'époque ou ces articles étaient écrits, la profondeur de modulation des stations de radiodiffusion dépassait rarement 60 %. On pouvait donc fort bien s'accommoder d'une caractéristique comme celle de la détection par la plaque (voir fig. 31). Le coude inférieur n'intéresse que la détection des très faibles amplitudes, ou celles des émissions profondément modulées. Or, nous recommandions à l'époque citée, de ne soumettre au détecteur que de fortes amplitudes. Nous avions donc parfaitement raison.

Aujourd'hui, la construction des émetteurs a fait des progrès. Certains annoncent des profondeurs de modulation de 100 %. C'est, sans aucun doute, un peu exagéré... Mais, le chiffre de 90 % devient courant. Par suite, quelle que soit l'amplitude des tension soumises à la détection, le point de fonctionnement vient faire

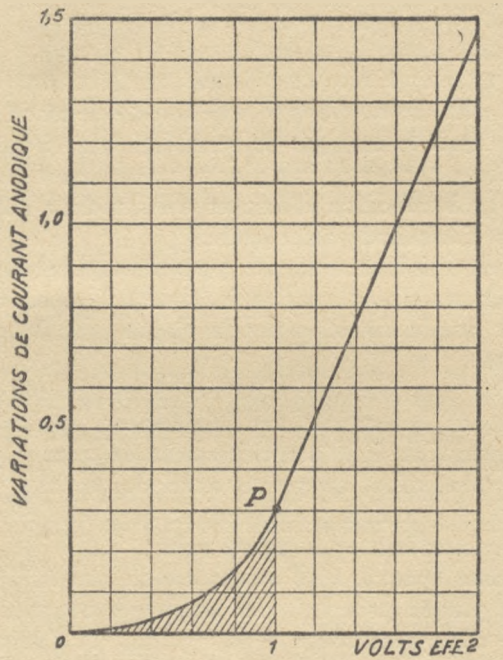


Fig. 31. — Caractéristique de détection par la plaque

de fâcheuses incursions dans les régions courbes et la distorsion fait son entrée...

Ainsi donc, pour conclure et fermer cette parenthèse, un fait nouveau est intervenu dans le débat : l'augmentation de la profondeur de modulation des stations. Et c'est lui qui a rendu difficile, sinon impossible aujourd'hui, l'adoption de la détection par la plaque.

L'inconvénient de la détection par la courbure de plaque était le manque de sensibilité et la production de distorsion pour les faibles amplitudes. L'objection disparaît avec la détection par diode. La sensibilité est du même ordre de grandeur que celle d'une détection par condensateur shunté. On peut donc sans hésitation recommander le nouveau système dans tous les cas.

Sur les modestes récepteurs à une ou deux lampes, le nouveau montage de détection améliorera sensiblement la fidélité de reproduction. La sensibilité ne sera pas pratiquement modifiée.

Sur les appareils de construction plus ambitieuse : récepteurs à amplification directe, comportant deux étages d'amplification à haute fréquence, récepteurs à changement de fréquence à quatre, cinq ou six lampes, on améliorera la production et, en même temps, on augmentera considérablement la puissance disponible.

## Quel schéma choisir?

Les plus simples schémas sont ceux des figure 32 et figure 33. Il y a couplage direct entre la lampe diode redresseuse et la lampe triode amplificatrice. C'est la résistance $R_1$ qui détermine ce couplage.

L'inconvénient déjà exposé dans nos articles précédents, c'est qu'un courant continu, résultat du redressement, parcourt la résistance $R_1$. Il y a donc une tension négative appliquée entre filament et grille de la lampe triode. Si cette tension n'est pas excessive, cela ne présente point d'inconvénient; au contraire, cela fournit à la lampe la tension de polarisation nécessaire.

Mais, si l'amplitude du courant à rectifier est très grande, il est possible que la tension de polarisation appliquée à la lampe soit excessive. Le point de fonctionnement atteint des régions coudées et il y a production de distorsion.

On peut donc modifier les deux schémas comme nous

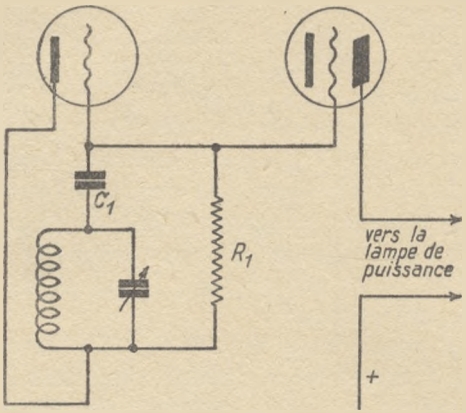


Fig. 32. — Schéma le plus simple de liaison entre diode et lampe BF.

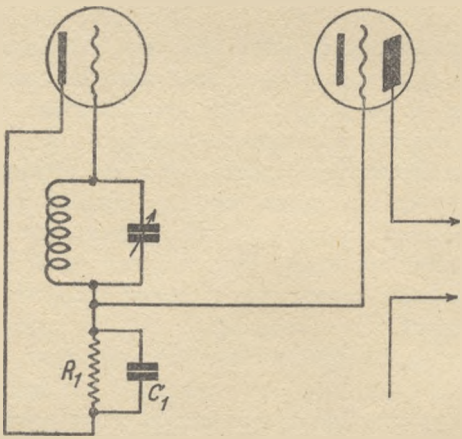


Fig. 33. — Autre schéma de liaison entre diode et lampe BF.

l'avons fait figure 34 et figure 35. La polarisation des deux lampes amplificatrices devient absolument indépendante de l'amplitude du courant soumis à la détection. Il faut naturellement prévoir pour ces deux lampes une polarisation convenable, soit par pile, soit par tout autre moyen.

Les deux schémas figure 34 et figure 35 sont absolument équivalents en principe. En pratique, la réalisation du circuit figure 34 présente souvent des avantages de facilité. Ainsi, par exemple, le circuit oscillant est relié à la masse (ou à la batterie de chauffage).

C'est beaucoup plus commode dans le cas d'un récepteur moderne utilisant un condensateur multiple pour l'accord simultané de tous les circuits oscillants. Tous les groupes de lames mobiles sont au même potentiel; qui est celui de la terre. Dans ce cas, la réalisation du montage figure 35 est impossible.

Par contre, avec ce dernier schéma, la séparation des impulsions à haute et basse fréquence est beaucoup plus facile. On peut même, le plus souvent, pour les longueurs d'ondes usuelles, se passer de la bobine d'arrêt (bobine B de nos figures).

Nous répétons que les résultats qu'on peut obtenir, avec les deux schémas sont à tous les points de vue comparables. On choisira donc l'un ou l'autre...

Il faut noter que la différence de principe des figures 34 et 35 est la suivante :

Dans le premier cas, on utilise la composante à haute fréquence qui est arrêtée par la diode. L'autre composante étant en quelque sorte, court-circuitée par la lampe à deux électrodes. Dans le second cas, la diode est en série avec l'utilisation, on recueille au contraire la composante qui traverse la diode.

## La valeur des éléments

Il faut bien remarquer, cependant, que les mêmes éléments se retrouvent exactement dans les deux sché-

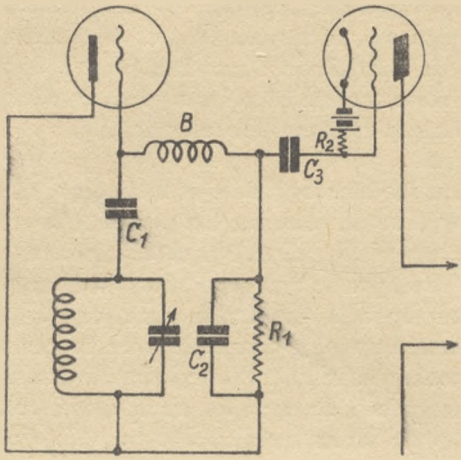


Fig. 34. — Schéma résultant de celui de la figure 32. La lampe BF est polarisée

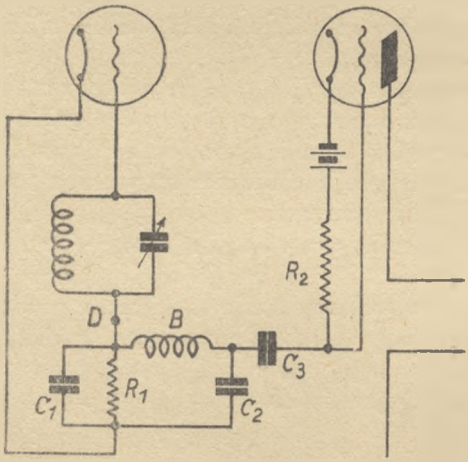


Fig. 35. — Schéma résultant de celui de la figure 33. La lampe BF est polarisée

mas. Il y a le même nombre de résistances et de condensateurs. Ils sont disposés autrement, et c'est toute la différence.

Le condensateur $C_1$ doit avoir une valeur comprise entre 0,05 et 0,2/1000. On augmente la sensibilité en adoptant une valeur relativement grande. Par contre, l'amortissement créé par le détecteur devient plus important et l'on diminue par conséquent la sélectivité. D'autre part, si l'on adopte une valeur élevée on tend à diminuer légèrement l'amplitude des fréquences élevées de la modulation. On réduit le « brillant » de la reproduction et, nous l'avons vu plus haut, on diminuera l'effet de démodulation.

Avec un récepteur sensible on adoptera 0,1/1000, avec un récepteur peu sensible (1 ou 2 lampes) on adoptera 0,2/1000.

La valeur de la résistance d'utilisation $R_1$, influe également sur le rendement du détecteur et sur l'amortissement du circuit oscillant. Cette résistance est en parallèle aux bornes du circuit, soit à travers la diode (fig. 35) soit à travers $C_1$ (fig. 34).

Une valeur élevée favorise sensibilité et sélectivité mais, par contre, amène réduction sensible des fréquences élevées. De toutes façons, la valeur de $R_1$ sera comprise entre 250.000 ohms et 2 mégohms.

Sur les récepteurs à grand nombre de lampes on adoptera 250.000 ou 500.000 ohms. Sur les récepteurs modestes (2 ou 3 lampes) on pourra prendre $R_1 = 1$ mégohm.

Le condensateur $C_2$ vient compléter l'œuvre de la bobine d'arrêt et du condensateur $C_3$. Une valeur faible facilitera la reproduction des fréquences élevées. Par contre, une valeur trop faible pourra entraîner l'action des impulsions à haute fréquence sur la grille de la seconde lampe, chose dangereuse pour la pureté de reproduction, ainsi que nous l'avons reconnu dans nos articles précédents.

En choisissant un condensateur de 0,1/1000 on obtient généralement un fonctionnement correct et les « aigus » ne souffrent guère de la présence d'une aussi petite capacité.

Le condensateur $C_3$ doit laisser passer les courants téléphoniques pour les guider vers la grille de la lampe amplificatrice. Il doit donc présenter une impédance négligeable pour les fréquences acoustiques. Un condensateur de 5 ou 10/1000 de microfarad convient parfaitement. On pourrait, naturellement, utiliser un condensateur de 1/10 de microfarad, ou même de 2 microfarads. Mais cela ne présenterait absolument aucun intérêt. Les plus basses fréquences acoustiques traversent facilement un condensateur de 6/1000. Un condensateur de valeur trop grande pourrait avoir l'inconvénient de produire des oscillations spontanées à très basse fréquence.

La résistance $R_2$ permet de définir le point de fonctionnement de la lampe triode. Sa valeur doit être telle que le courant téléphonique dérivé soit négligeable. Mais, d'autre part, elle doit être assez faible pour que la tension de grille soit parfaitement définie.

Suivant le type de lampe utilisé on emploiera une résistance de 500.000 à 2 mégohms.

## La bobine d'arrêt

La bobine d'arrêt — ou, si vous y tenez absolument — la bobine de choc doit, comme son nom l'indique, faire obstacle aux oscillations à haute fréquence. Elle doit s'opposer, avec une douce obstination, au passage des impulsions à haute fréquence. Il ne faut pas que celles-ci puissent arriver jusqu'à la grille de la lampe triode, sinon, le fonctionnement de celle-ci serait profondément troublé. Elle cesserait simplement d'être une lampe amplificatrice pour devenir une détectrice-ampli-

ficatrice et le danger de la détection parasite par la plaque se présenterait de nouveau.

Lorsqu'il s'agit d'un appareil à changement de fréquence, le problème présenté par la bobine B est très simplifié. Il s'agit, en effet d'arrêter une seule fréquence: celle qui correspond à la fréquence de conversion. On pourra donc, dans ce cas, remplacer la bobine B par un circuit-bouchon constitué exactement comme un secondaire de transformateur moyenne fréquence (fig. 36).

Le résultat ainsi obtenu est parfait. Mais, ce dispo-

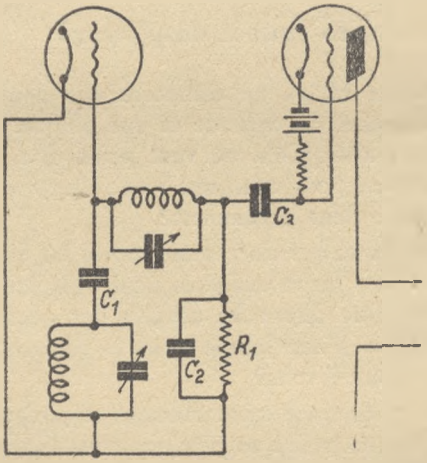


Fig. 36. — Schéma pour appareils à changement de fréquence.

sitif ne peut naturellement être appliqué aux récepteurs à amplification directe. Il faudrait continuellement modifier le réglage du circuit bouchon. Pour éviter cette inutile complication on placera en B une bobine à résonance floue, dite « bobine de choc ».

Beaucoup de « bobines de choc » du commerce ne choquent rien du tout... Il faudra donc choisir avec soin.

A noter que la bobine ne doit pas avoir des dimensions trop grandes, sinon elle pourra être cause d'instabilité du récepteur. Il y a intérêt à la blinder.

On obtient généralement un bon résultat en employant, en B, un enroulement en nid d'abeilles, du type « Mignonette » de 500 spires en fil de 2/10e recouvert de 2 couches soie.

Donnons, sans plus tarder, un excellent tuyau à nos lecteurs : quand une détection diode ne fonctionne pas convenablement, il faut d'abord examiner la bobine d'arrêt...

## Quelles lampes faut-il employer?

La première lampe ne comporte que deux électrodes : un filament ou cathode et une plaque. C'est, en somme, une valve. Cela ne veut point dire qu'on ait intérêt à utiliser, pour cela, une valve du type classique que l'on trouve dans le commerce.

D'abord, les valves du commerce ont un filament qui consomme d'une façon exagérée pour l'emploi que nous envisageons. Que diront les usagers des accumulateurs si nous parlons d'une lampe dont le filament absorbe 1,5 ampère sous 4 volts?

Ensuite, la distance entre filament et plaque est telle qu'aucun arc ne puisse se produire sous l'influence des tensions appliquées... Les tensions courantes atteignent souvent 350 volts... Or, les tensions développées aux bornes de notre diode sont, tout au plus, de quelques volts...

La distance entre filament et plaque augmente la résistance interne. Or, nous avons intérêt à réduire celle-ci.

Enfin, les valves sont établies pour redresser des quantités très appréciables de milliampères. Et nous trouverons dans la résistance $R_1$ quelques microampères, c'est-à-dire mille fois moins que des milliampères.

Non, nous utiliserons comme redresseur une simple

lampe du type courant. Le filament sera une électrode, naturellement, et l'autre électrode sera la grille, parce qu'elle est au voisinage immédiat du filament et qu'ainsi la résistance interne sera plus réduite. On peut, si l'on veut, réunir entre elles la grille et la plaque. Cela n'en fonctionne ni mieux, ni plus mal... Lorsqu'on utilise la grille seulement, il n'est pas à craindre que des électrons peu sérieux, ne dépassent la grille, à travers les vides, pour aller se perdre sur la plaque... Les électrons, en général, ne sont pas fantaisistes à ce point...

Les constantes de la lampe utilisée comme diode importent assez peu. En principe. une grille très rapprochée du filament ou de la cathode réduira la résistance interne. Il faudra donc choisir une lampe à pente élevée. Mais, en réalité, les résultats sont aussi bons avec des lampes les plus différentes. Ainsi donc, c'est très simple, on prendra ce qu'on aura sous la main.

La seconde lampe est une amplificatrice à basse fréquence. Dans la majorité des cas, elle sera couplée par résistance à la lampe finale. On pourra donc choisir une lampe à grand coefficient d'amplification.

Si l'on veut disposer d'une tension imposante, on pourra fort bien utiliser une lampe à écran. Dans ce cas, le couplage par résistance est absolument obligatoire.

Une lampe à écran à chauffage indirect pourra nous fournir dans son circuit de plaque, des tensions téléphoniques de l'ordre de 35 volts. C'est-à-dire de quoi attaquer la grille d'une lampe de 25 watts dissipés et lui faire donner tranquillement 5 ou 6 watts modulés... En somme, de quoi faire sauter la membrane de votre haut-parleur, assourdir complètement votre famille et faire attrapper la jaunisse au voisin du dessus qui a un poste à galène et pense fabriquer prochainement un détecteur électrolytique, sous prétexte que « c'est plus pur... »

Si la lampe à écran (voir montage fig. 37) vous fait peur, vous pouvez fort bien utiliser une lampe triode

à grand coefficient d'amplification (de 15 à 40). D'ailleurs, l'amplification ainsi obtenue est, en général, très largement suffisante. Avec un récepteur *ad hoc*, on peut encore, comme tout à l'heure, disposer de plusieurs dizaines de volts téléphoniques...

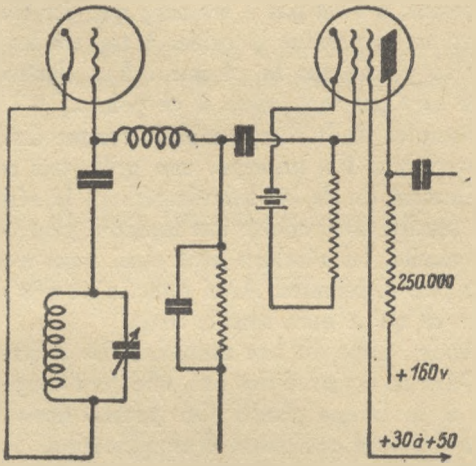


Fig. 37. — Lampe à écran utilisée comme première amplificatrice BF.

La reproduction obtenue avec la lampe triode est, en général, meilleure. La faible résistance interne facilite la reproduction des notes graves. D'autre part, la capacité plaque-filament (ou écran), très importante dans la lampe à écran atténue souvent de façon sensible l'éclat des notes aiguës.

## Montages pour lampes à chauffage direct

Nous donnons le schéma complet figure 38.

La valeur des différentes résistances, celle des condensateurs ont été données plus haut. On remarquera

que la résistance d'utilisation de la diode aboutit à un potentiomètre (400 à 1.000 ohms). On peut ainsi chercher le meilleur point de fonctionnement et déterminer quelle valeur, entre + et — 4 permet d'obtenir le maximum de sensibilité.

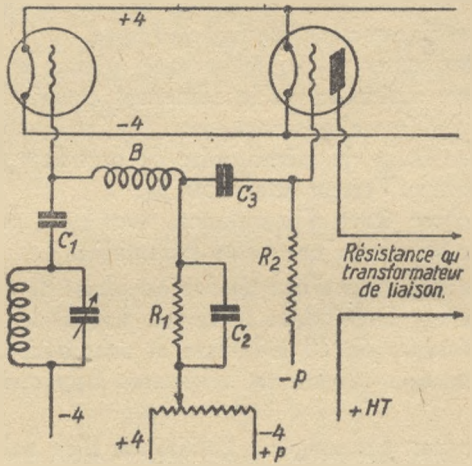


Fig. 38. — Schéma complet pour lampes à chauffage direct

C'est une finesse. D'aucuns la jugeront excessive quand ils auront constaté qu'une promenade du curseur entre + 4 et — 4 n'apporte qu'un changement insignifiant. C'est un peu notre avis. On pourra donc, si l'on aime, avant tout, la simplicité, relier, suivant l'humeur du jour, directement la résistance au + ou au — 4... Le premier point correspond à une sensibilité un peu meilleure mais par contre, l'amortissement est un peu plus important.

L'extrémité de la résistance $R_2$ aboutit à une pile de polarisation. La valeur de cette tension dépend naturellement du type de lampe et de la tension appliquée effectivement sur la lampe.

Dans le cas d'un couplage par résistance, il ne faudra point confondre tension appliquée sur la plaque et tension fournie par le dispositif d'alimentation anodique. Il faut se souvenir qu'il y a une chute de tension souvent fort importante dans la résistance de couplage.

La détermination de cette tension exacte embarrasse souvent les amateurs... ou plutôt, elle ne les embarrasse pas, mais ils mesurent une tension fausse.

Ils appliquent un voltmètre entre plaque et filament, lisent une indication qu'ils admettent comme la valeur cherchée. C'est absolument faux. La consommation du voltmètre étant du même ordre de grandeur que celle de la lampe, l'erreur atteint 50 %.

La chose étant d'importance, nous nous permettons d'ouvrir ici encore une petite parenthèse.

Nous disposons d'une tension anodique de 160 volts. Nous avons inséré dans le circuit plaque de la lampe une résistance de 70.000 ohms et nous désirons savoir quelle tension plaque est réellement appliquée sur la lampe.

Il ne faut pas songer à l'utilisation d'un voltmètre, il ne nous donnerait que des indications sans aucune valeur.

Mais insérons un milliampèremètre en série dans le circuit de plaque. Il nous apprend qu'un courant de 1,2 milliampères traverse le circuit. La chute de tension dans la résistance est donc de

$$70.000 \times 0{,}0012 = 84 \text{ volts}$$

La tension réellement appliquée sur la plaque de la lampe est donc de $160 - 84 = 76$ volts. Nous pouvons maintenant savoir si la polarisation est correcte.

Bien entendu, chaque modification de la tension de polarisation entraînera une variation de courant et, par conséquent, une variation de la tension réellement appliquée. Ce n'est donc qu'après quelques tâtonnements qu'on pourra atteindre les valeurs exactes.

## Montage pour lampes à chauffage indirect

La transposition du schéma figure 38 est immédiate. Pour remplacer des lampes à chauffage par accumulateurs par des lampes à chauffage indirect, il suffit de considérer que l'électrode génératrice d'électrons n'est plus le filament, mais la cathode.

Dans les lampes à chauffage direct, tous les filaments sont au même potentiel puisqu'en général la source d'alimentation est commune.

Au contraire, la cathode des lampes à chauffage indirect est électriquement isolée du filament. Cela permet

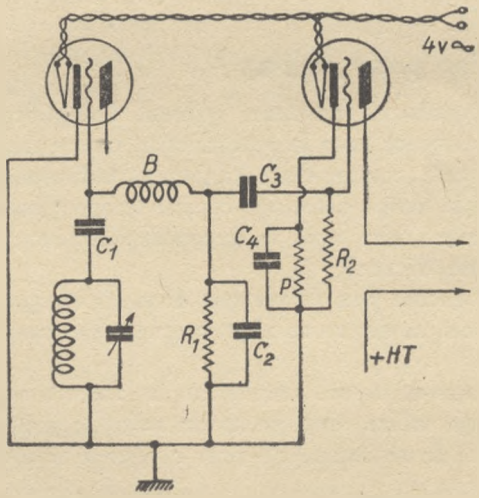


Fig. 39. — Schéma complet pour lampes à chauffage indirect.

d'obtenir certaines finesses ou perfectionnements. On peut, par exemple, obtenir pour chaque lampe, la tension de polarisation convenable, en utilisant son propre courant anodique.

En appliquant ces remarques, la traduction du schéma figure 38, utilisant des lampes à chauffage indirect, nous conduira à la figure 39.

La polarisation est obtenue grâce à la chute de tension du courant anodique de la lampe triode dans la résistance P. La valeur de celle-ci est déterminée par la carectéristique de la lampe et par la tension de plaque. Elle est généralement comprise entre 500 et 2.000 ohms.

Cette résistance est naturellement shuntée par un condensateur de grande capacité (1 microfarad) destiné à laisser libre passage au courant téléphonique.

On pourra, tout aussi bien, opérer l'adaptation du schéma figure 35 pour l'emploi des lampes à chauffage indirect.

## La prise pour pick-up

De nombreux amateurs utilisent l'amplificateur à basse fréquence pour la reproduction phonographique.

Pour cela, comme deux étages sont indispensables, on emploie la lampe détectrice comme lampe d'entrée.

Comment faire avec le dispositif détecteur que nous venons de décrire?

C'est encore plus simple que dans les récepteurs normaux dont la détectrice n'est vraiment pas une amplificatrice.

Ici, nous utiliserons simplement la lampe triode.

Il nous suffira simplement de relier le pick-up aux bornes de la résistance $R_2$ pour obtenir le résultat cherché.

## Récepteurs à réaction

La plupart des récepteurs à deux ou trois lampes n'atteignent la sensibilité indispensable que grâce à la « réaction ». On sait en quoi elle consiste. Une partie de l'énergie en haute fréquence, encore présente après

détection, est replacée à l'entrée de l'amplificateur pour être amplifiée de nouveau. Le résultat effectif est une diminution considérable de la résistance apparente des circuits qu'on fait réagir et, par conséquent, une augmentation de la sélectivité et de la sensibilité.

Mais le principe même veut que des composantes à haute fréquence soient encore présentes après détection. C'est précisément ce que nous avons cherché à éviter avec la détection par diode.

Les impulsions à haute fréquence sont arrêtées par la bobine B et converties en impulsions à basse fréquence par les condensateurs $C_1$ et $C_2$...

On peut, pourtant, imaginer une combinaison.

La « plaque » de la lampe « diode » demeure inutilisée. Nous pouvons fort bien nous en servir comme électrode commandant la réaction dans le circuit voulu.

Nous donnons figure 40 un exemple d'une réalisation semblable.

Le montage de la partie « redressement » et de la partie « amplification » demeure exactement semblable à la figure 39.

Toutefois, une troisième partie, la « réaction » a été ajoutée. On utilise pour cela exclusivement la plaque de la lampe diode.

Celle-ci comporte l'enroulement de réaction R et le condensateur variable qui commande l'intensité de réaction.

La haute tension, maintenant indispensable, parvient à la plaque à travers la résistance $R_3$.

La valeur de $R_3$ n'est point critique. Elle est fixée par la caractéristique de la lampe et par la grandeur de la tension de plaque. En adoptant 50.000 ohms, on est à peu près sûr que le fonctionnement sera correct.

On peut aussi placer en $R_3$ une résistance variable. On obtient aussi un contrôle très progressif de la réaction.

Nous avons donné figure 40 un exemple de réalisa-

tion. Tous les schémas habituels de réaction peuvent ainsi être transposés. Il faudra simplement se souvenir que la plaque de la lampe devra être alimentée à travers une résistance $R_3$. Il faut noter que la résistance

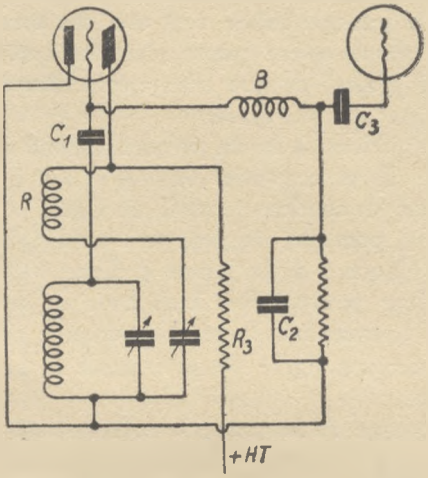


Fig. 40. — Réaction sur les circuits de la lampe diode

$R_4$ peut n'être pas shuntée; elle peut remplacer la « bobine d'arrêt » nécessaire pour réaliser certains schémas de détecteur.

## La mise au point d'un détecteur diode

Lorsque tout va normalement, il n'y a aucune mise au point. Il suffit de réaliser un des nombreux schémas donnés dans ce chapitre pour se rendre compte qu'on a doté le récepteur d'un perfectionnement important. On remarque immédiatement que la puissance disponible est plus grande et que la fidélité de reproduction est incomparable.

Mais, en T. S. F., les choses ont souvent un malin plaisir à ne pas aller « normalement ».

La première impression est bonne : ça marche. Mais, au bout de peu de temps il vous vient une inquiétude : est-ce que réellement, ça marche mieux qu'avant? Vous n'en êtes pas sûr... Bientôt, le niveau de votre inquiétude augmentera et vous serez bien prêt de croire que « ça marche plus mal qu'avant »...

Quelques minutes plus tard, avec un haussement d'épaules, vous serez sur le point de conclure que l'auteur de ces lignes est un « petit plaisantin » et que, reprenant votre courage et votre fer à souder, vous allez revenir au montage primitif.

En réfléchissant, amateurs mes frères, vous êtes bien excusables. Vous avez tant essayé de beaux schémas, tant de « révolutions » ont passé dans les revues de T. S. F., tant de systèmes antiparasites, tant de superréaction à une lampe remplaçant les récepteurs à dix lampes, que le scepticisme a fini par vous pénétrer. Vous essayez des schémas nouveaux et, si ça ne marche pas du premier coup, vous abandonnez.

Vous avez parfois raison, mais en ce qui nous concerne aujourd'hui, vous avez tort.

Il faut probablement très peu de chose pour que le fonctionnement du détecteur diode soit correct.

Faites une première vérification : enlevez la « diode », lorsque vous avez réglé votre appareil sur une émission de puissance moyenne. Si l'intensité demeure sensiblement la même c'est, comme nous l'avons déjà constaté plus haut, que la détection n'est pas assurée par la « diode » mais par la seconde lampe.

Lorsque le fonctionnement de la « diode » est correct on doit constater une diminution d'intensité d'au moins 75 à 80 %. On n'arrive jamais à supprimer complètement la réception quand on enlève la diode, surtout s'il s'agit d'une réception de puissance normale. Cela s'explique : aucune lampe n'a une caractéristique réellement droite. Et puis, d'autre part, cela ne prouve pas grand'chose.

En effet, la résistance interne de la diode est très faible. Aussi, quand on l'enlève, l'amplitude des oscillations à haute fréquence qui arrivent jusqu'au condensateur $C_3$ est beaucoup plus grande.

Il n'en est pas moins vrai que l'expérience nous a montré que la diminution d'intensité devait être fort nette lorsque le fonctionnement était correct.

Que faire, si le fonctionnement est anormal?

Assurez-vous d'abord de l'efficacité de la bobine d'arrêt. Vérifiez bien que celle-ci convient pour la longueur d'onde de fonctionnement. N'oubliez pas que, dans un appareil à changement de fréquence, cette longueur d'onde est celle de l'amplificateur de fréquence intermédiaire.

Dans un montage parfaitement réalisé — ou il n'y a pas de capacités parasites entre les organes, on observe souvent qu'on peut supprimer la bobine B sans inconvénient.

L'intégration des impulsions à haute fréquence est assurée tout simplement par l'ensemble $R_1$, $C_2$.

Si le changement ou l'amélioration de la bobine de choc ne vous donne point le résultat cherché, vérifiez la lampe que vous utilisez comme diode. Peut-être la résistance entre les deux électrodes est-elle trop élevée?

Il faut que la diode, la bobine B, le groupe $R_1$ et $C_2$ fassent un ensemble très compact. Evitez, surtout, les belles connexions à angle droit, les longs et savants parcours de fil rigide.

Que la liaison entre l'anode (grille de la lampe) de la diode et le circuit oscillant soit directement faite par $C_1$.

Après le groupe $R_1$, $C_2$ il ne s'agit plus que de courants téléphoniques, vous pouvez donc en prendre plus à votre aise.

Pour éviter les troubles causés par l'incursion fâcheuse de la haute fréquence, on peut augmenter légèrement la valeur de $C_2$. On peut aussi — ce qui revient

au même — shunter $R_2$ par un condensateur de 0,1 à 0,15/1000. Ces moyens sont dangereux pour la fidélité de reproduction. On risque de diminuer la qualité acoustique en atténuant les fréquences élevées de la modulation. Il sera sage de ne point dépasser 0,2/1000 pour la valeur de $C_2$.

La mise au point du schéma figure 35 se fera exactement de la même façon. Elle paraîtra souvent plus facile. Cela tient surtout au fait que le point D du circuit oscillant présente une capacité élevée par rapport à la masse.

Cette capacité augmente effectivement la valeur de $C_1$ et rend la mise au point d'*apparence* plus facile. Mais cette capacité comme $C_2$ du schéma figure 34, intervient aussi pour atténuer les fréquences élevées de la modulation.

## Lampes spéciales pour la détection par diode

L'intérêt de la détection par diode ne pouvait échapper aux constructeurs de lampes. Aussi, certains d'entre eux, nous offrent des lampes spécialement conçues pour ce mode de rectification. Ainsi la E-444 est une lampe à chauffage indirect, appelée on ne sait trop pourquoi « binode ». En effet, la nouvelle lampe comporte cinq électrodes : la cathode, la plaque de la « diode », la grille de commande, l'écran et la plaque. Il aurait donc fallu l'appeler « penthode ». Cela aurait eu l'inconvénient de créer des confusions.

Cette lampe nouvelle est, en somme, la réalisation dans une seule ampoule, des deux lampes de nos schémas précédents; la deuxième lampe était une lampe à grille-écran.

La cathode, c'est-à-dire la surface chargée d'émettre des électrons est commune aux deux lampes. Cela ne trouble en rien le fonctionnement.

L'anode de redressement est constitué par un anneau qui entoure la cathode.

Dans les modèles les plus récents de « binode », un blindage est intercallé entre l'anode de redressement et les éléments amplificateurs. Cela permet de séparer beaucoup plus nettement les deux fonctions et d'éviter des réactions fâcheuses.

Le même constructeur présente la E-444-S qui est une diode associée à une triode à forte pente.

D'autres constructeurs présentent des lampes « *double-diode triode* ». Dans ce cas la rectification est assurée par deux anodes symétriques. On peut alors rectifier les deux alternances. La chose présente-t-elle un grand intérêt? C'est ce que nous apprendra une discussion rapide qu'on trouvera un peu plus loin.

En Angleterre on construit la *double-diode penthode*, dont l'élément penthode est à la réalisation de certains montages antifading.

CHAPITRE VII

# DIODE OU DOUBLE DIODE

## Comparaison de la sensibilité

Dans tous les montages étudiés jusqu'ici nous n'avons envisagé que le redressement d'une seule alternance.

On peut croire, *a priori*, que l'autre alternance est inutilisée et qu'ainsi on sacrifie 50 % de l'énergie amplifiée.

Ce raisonnement est faux. Nous allons immédiatement reconnaître que, sous cet angle, le montage à double diode ne présente aucun avantage.

Considérons le montage le plus simple (fig. 41).

On peut admettre que la chute de tension dans la diode est négligeable. Les oscillations présentes dans le circuit développent à ses bornes une tension maximum $V max$. Il est facile de montrer que la tension maximum redressée est, dans ces conditions, précisément $V max$.

Examinons maintenant le plus simple des circuits à double diode (fig. 42).

Nous sommes obligés de prévoir une prise médiane sur le circuit oscillant.

Nous sommes en présence de deux diodes dont les tensions redressées s'ajoutent. Il est clair que la tension maximum soumise à chaque diode est

$$\frac{2\,V max}{2}$$

c'est-à-dire exactement ce que nous donnait le montage beaucoup plus simple de la fig. 41.

Ainsi donc, il est à prévoir que la sensibilité des deux montages fig. 41 et fig. 42 sera identiquement le même.

C'est ce que confirme l'expérience. Il est d'ailleurs extrêmement facile et rapide de passer d'un montage à l'autre. On ne constate pratiquement aucune différence.

## Comparaison de la puissance

On peut supposer que tous les éléments sont semblables : plaque de redressement, etc... La puissance disponible avec la double diode serait double de celle que peut fournir la simple diode si l'on atteignait la limite

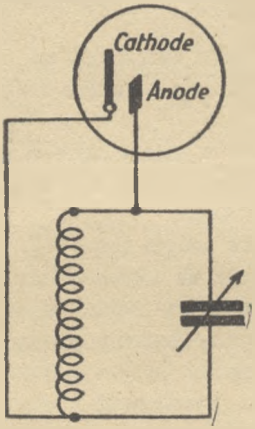


Fig. 41. — Détection par diode ordinaire.

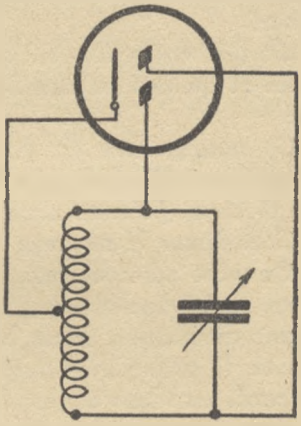

Fig. 42. — Détection par double diode.

de fonctionnement. Si l'on admet qu'on puisse redresser 40 volts avec le montage de la fig. 41 on pourra soumettre 80 volts au montage de la fig. 42.

En pratique, la limitation ne vient jamais de l'élément diode, *mais de l'élément amplificateur qui le suit.*

Or, cet élément amplificateur est sensiblement le même que le triode soit prévu avec simple anode ou double anode de redressement.

L'élément redresseur peut supporter 35 ou 40 volts efficaces, sans que la saturation ou la distorsion appa-

raissent... Mais l'élément amplificateur n'admet que 2 ou 3 volts au maximum. Dans ce dernier cas, il s'agit naturellement de courants téléphoniques. On peut cependant admettre que les amplitudes sont grossièrement du même ordre de grandeur...

Pour conclure, on ne trouve aucun avantage de puissance à employer le duo-diode si l'on considère les choses sous l'angle pratique.

## Avantage de la duo-diode

Il faut chercher ailleurs l'avantage qui pourrait justifier la complication plus grande du circuit fig. 42.

Il ne s'agit pas seulement de rectifier les oscillations ; il faut surtout recueillir le produit de cette rectification pour l'utiliser. C'est une résistance qui est chargée de cela. Les circuits d'utilisation dans les deux cas sont, par exemple, ceux des fig. 43 et fig. 44.

Soit la fig. 43. La résistance R est parcourue par des impulsions unidirectionnelles à haute fréquence.

C'est le courant moyen de ces impulsions qui constitue le courant détecté ou redressé. Mais il faut faire apparaître ce courant moyen et pour cela « intégrer » les impulsions. C'est le rôle du condensateur C.

Ce condensateur, nécessaire, peut être dangereux. Il peut remplir son rôle trop bien. Il peut ne pas supprimer seulement les impulsions à haute fréquence, mais encore *les fréquences acoustiques les plus élevées de la modulation.*

Avec la fig. 44 tout se passe autrement — tout au moins en principe — chaque diode donne bien des impulsions directionnelles mais elles se composent de telle sorte *que la composante à haute fréquence est annulée. Le condensateur C est donc inutile.* Le danger d'atténuer les fréquences acoustiques aiguës est parfaitement éliminé.

Cet avantage serait intéressant s'il n'était plus théo-

rique que pratique. Il ne peut jouer efficacement qu'à la condition formelle que les deux diodes élémentaires et les circuits associés soient rigoureusement symétriques. *Or, en pratique, dans les récepteurs courants les mieux soignés, cette symétrie absolue n'est jamais réalisée.*

On est donc obligé de maintenir le condensateur C... avec les inconvénients qu'il entraîne...

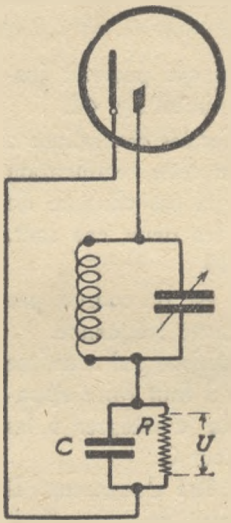


Fig. 43. — Récupération de la tension rectifiée U sur la résistance R dans le cas d'une diode ordinaire

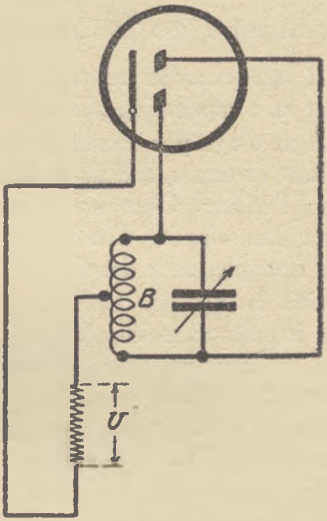


Fig. 44. — Récupération de la tension rectifiée U dans le cas d'une double diode.

Et, en fait, le seul avantage de la duo-diode est inexistant.

Cela est si vrai que la plupart des usagers utilisent la duo-diode en mettant simplement les deux anodes en parallèle et en réalisant le schéma de la fig. 43...

Ou bien encore une seule anode est utilisée, l'autre

sert, par exemple, à commander la sensibilité du récepteur, réalisant ainsi un simili-antifading.

## Conclusion

Le montage de la fig. 43 doit être préféré. Il a l'avantage d'être extrêmement simple. Nous le recommandons à tous les amateurs soucieux avant tout d'obtenir un fonctionnement correct le plus simplement possible.

Si l'on veut réaliser la détection symétrique, équilibrée en pieds-pull de la fig. 44, *il est nécessaire de prendre des précautions minutieuses.* Il faut que la symétrie la plus complète soit réalisée.

Il faut, par exemple, que les deux éléments de la bobine B soient deux bobines rigoureusement semblables. Il faut insister sur ce point que ce n'est pas seulement la symétrie géométrique mais encore et surtout la *symétrie électrique qu'il faut obtenir.*

Il faudra soigner le cablage, étudier l'emplacement des éléments pour que les capacités par rapport à la masse se répartissent symétriquement, etc...

En réalité, aucun des constructeurs de lampes ne préconise le double redressement. L'une des anodes est utilisée pour le redressement d'une alternance et l'autre, placée en parallèle, pour la commande d'un régulateur antifading.

CHAPITRE VIII

# LA DETECTION PAR BINODE

La « binode », récemment mise sur le marché français, permet de réaliser la détection par « diode » en utilisant une lampe de fabrication spéciale.

A l'extrémité inférieure de la cathode, on a disposé une petite anode cylindrique spéciale qui sert uniquement pour la rectification des oscillations à haute fréquence. Les autres électrodes sont celles d'une lampe à grille-écran, utilisée dans ce cas particulier, comme lampe amplificatrice à basse fréquence.

La « binode » permet de réaliser à peu près tous les schémas que nous avons décrits plus haut, mais certains perfectionnements ou adaptations sont possibles. C'est pourquoi nous jugeons qu'il est intéressant de préciser certains points.

Dans le chapitre VI, nous avons rapidement montré que tous les schémas donnés pour la détection diode, utilisant deux lampes, pouvaient être « traduits » pour y adopter la « binode ».

Mais cette dernière permet de réaliser un certain nombre de « finesses » intéressantes et nous pensons qu'il est important de préciser certains points.

La détection par « diode » ou par « binode » permet d'obtenir une fidélité de reproduction incomparable. Encore faut-il que le fonctionnement soit correct. Tout va bien en théorie; les difficultés surgissent souvent quand il faut passer à l'application.

## La difficulté qu'on rencontre.

Les schémas sont extrêmement simples. Ils comportent des résistances, des condensateurs et, parfois, une bobine d'arrêt.

Pourtant, on observera souvent que deux réalisations identiques, faites avec des éléments identiques, se comportent différemment.

Pour le premier on obtiendra, du premier coup, puissance, fidélité, et pour le second l'appareil semblera manquer de souffle, sera moins sensible qu'avec une détection grille et la qualité de reproduction sera déplorable. La catastrophe apparaîtra dans toute son horreur lorsqu'il s'agira de recevoir une puissante station locale...

Ce défaut semble bien s'exagérer lorsqu'on emploie une lampe binode. Nous connaissons de nombreux amateurs qui ont été sur le point d'abandonner la nouvelle lampe. Un peu de persévérance, un examen attentif des faits, une interprétation logique des résultats, et le mal est jugulé!

## La nature de la difficulté.

La détection par diode, ou par binode, comporte deux phases bien distinctes. Il y a d'abord, la *détection proprement dite ou redressement* assuré par l'élément diode.

Il s'agit de haute fréquence. Les oscillations sont redressées. Il faut en extraire la « substantifique moelle », c'est-à-dire, ici, la tension musicale ou téléphonique...

Le résultat apparaît aux bornes de la résistance d'utilisation du diode.

La première phase est terminée. La seconde, c'est *l'amplification* de la minuscule tension téléphonique. C'est le rôle de la seconde lampe — ou celle de la lampe à écran incluse dans la lampe binode.

Ce sont des oscillations à basse fréquence qui doivent atteindre la grille de la lampe amplificatrice et pas autre chose. Qu'arrivera-t-il, s'il n'en est pas ainsi?... La catastrophe signalée tout à l'heure.

*La seconde lampe fonctionnera comme une lampe détectrice par la grille.* Comme il s'agit d'oscillations de grande amplitude, la lampe détectera par la grille et par la plaque. Elle fera des tas de choses... sauf ce

qu'on lui demande. Dans son circuit de plaque on trouvera un peu de tout, mais surtout des oscillations à haute fréquence.

La lampe de puissance est couplée, en général, par une liaison à résistance. C'est dire qu'elle peut accepter les oscillations de toutes les fréquences... Elle va donc, elle aussi, amplifier les oscillations à haute fréquence...

Cette amplification non prévue se traduira par une instabilité notoire du récepteur. Sifflements, grincements, claquements, bloquages... toute la lyre, dirait Victor Hugo.

L'appareil semble hanté. On observe, par exemple, que le contrôle de puissance fait accrocher l'amplificateur de moyenne fréquence! Et c'est logique, d'après l'explication que nous venons de donner!

Il faudra donc absolument, après la détection par diode, séparer les oscillations à haute fréquence du courant téléphonique.

Ce n'est pas toujours facile. Il s'agit — ne l'oublions point — d'oscillations d'une amplitude relativement forte. L'amplification dans les appareils modernes est souvent telle que des amplitudes de plusieurs volts peuvent être produites dans les circuits de détection.

Ces courants à haute fréquence ont une fâcheuse tendance à ne pas suivre les conducteurs. Ils sautent d'une connexion à l'autre... On voudrait les cantonner dans des circuits bien définis mais on les retrouve là où ils sont indésirables.

Le problème, souvent délicat quand il s'agit de deux lampes, se complique encore pour la « binode ».

En effet, la « diode » et « l'amplificatrice » ont une cathode commune et la connexion de la grille amplificatrice est forcément très voisine de la connexion qui relie l'anode auxiliaire...

Il faut donc prendre des précautions particulières. Diminution jusqu'à l'extrême limite du possible de la lon-

gueur de certaines connexions, de manière à ouvrir aux courants de haute fréquence des chemins sans obstacles...

Toutes ces considérations sont naturellement valables pour la « binode » mais encore pour toutes les lampes détectrices spéciales : duo-diode-triode, duo-diode-penthode, etc...

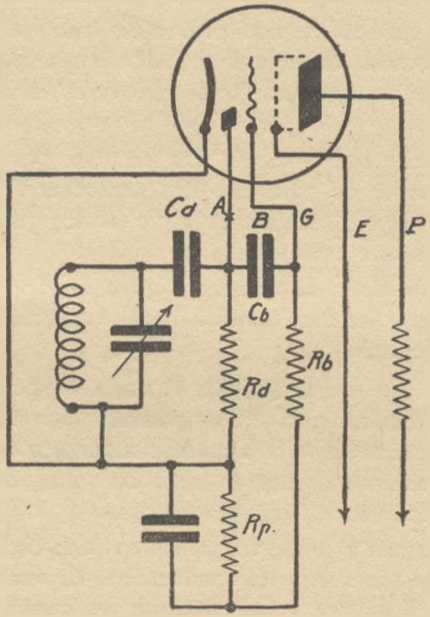


Fig. 45. — Schéma de détection par lampe binode.

## La bobine d'arrêt.

Le moyen classique d'arrêter les oscillations à haute fréquence, c'est de dresser sur leur passage une impédance dont l'efficacité soit maximum pour la fréquence qu'il s'agit d'arrêter.

Encore, faut-il qu'il n'existe aucune capacité parasite entre les deux circuits dont la bobine d'arrêt constitue la frontière... Ce cas est fréquent si le câblage a été mal établi.

Prenons un exemple.

Soit figure 45 un schéma de détection utilisant la lampe binode. Les oscillations à haute fréquence traversent C*d* et produisent aux bornes de R*d* une série d'im-

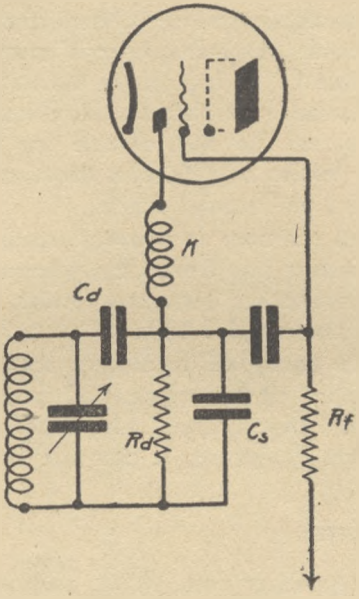


Fig. 46. — Schéma exigeant un câblage très soigné.

pulsions unidirectionnelles dont la moyenne constitue le courant téléphonique. Il faut bien voir que ces impulsions sont *à haute fréquence*. Pour obtenir la basse fréquence, il faut n'en saisir que la résultante ou si l'on veut, les « intégrer ».

Un premier moyen pour arriver à ce résultat pourra consister à shunter R*d* par un condensateur de faible valeur.

Cette solution est mauvaise, ou, plutôt, incomplète. Elle produit une diminution évidente d'efficacité du redresseur.

La proportion — non négligeable — de courants à haute fréquence qui traverse ce condensateur échappe à la détection.

On complète le procédé en insérant en A la bobine d'arrêt.

Mais il est certain que ce schéma n'empêche guère les oscillations de haute fréquence d'arriver, en partie, jusqu'à la grille G, ce qui est, en définitive, notre but.

Si les oscillations sont d'amplitude suffisante pour produire aux bornes de R*d*, shuntée par une capacité (fig. 46) une tension notable, elles traverseront C*d*, puis C*s* et rien n'ira plus normalement...

Notons bien que nous ne pouvons prendre en C*d* une capacité de valeur trop élevée. En pratique, sous peine d'atténuer nettement les fréquences élevées, nous ne pouvons guère dépasser 0,2/1.000...

Le schéma figure 46 fonctionne remarquablement quand le câblage est très soigné. Le groupe K, R*d*, C*s* et C*d* doit être très compact. Le condensateur C*d* est particulièrement dangereux. Il doit être éloigné de R*f*.

## Une variante

On peut cependant autre chose. Laissons résolument les impulsions unidirectionnelles à haute fréquence s'ébattre à leur gré dans R*d*. Mais opposons-leur un énergique filtrage pour qu'elles ne puissent parvenir à la grille G.

Disposons les éléments comme nous l'avons indiqué figure 47. Il n'y a rien de particulier dans la partie « redressement ».

Mais, du côté de la B. F., nous avons dressé des fortifications pour repousser les assauts de la H. F. L'obstacle principal c'est toujours la bobine K. Son rôle apparaît ici, plus nettement que dans la figure 46. On admet facilement que seules, les impulsions à basse fréquence puissent la franchir.

On peut ainsi compléter le dispositif. Shuntons la résistance R*b* par un condensateur de 0,1/1.000. Ce sera le piège ultime dans lequel viendront tomber les oscillations à haute fréquence qui ont pu triompher de la bobine K.

Ce condensateur de 0,1/1.000 est moins dangereux que Cs de la figure 46. Il ne diminue point l'efficacité

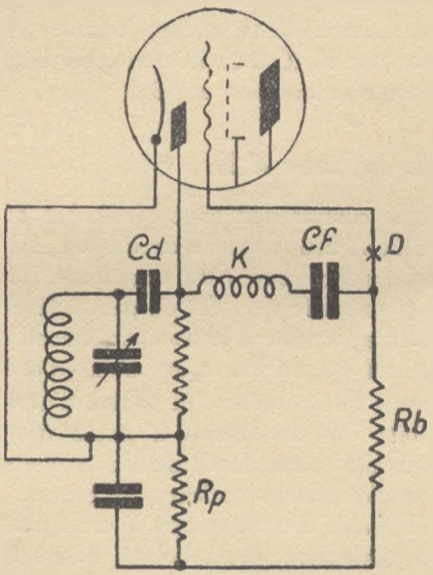


Fig. 47. — Montage à découplage efficace.

de la détection. Il n'intervient point indirectement en augmentant la constante de temps du circuit détecteur. Il atténue légèrement les fréquences élevées de la modulation si l'on tend à exagérer sa valeur. En pratique, le défaut est insensible si l'on ne dépasse point 0,1/1.000. Pour plus de sécurité, on pourra se contenter de 0,05/1.000, si toutefois le fonctionnement est normal dans ces conditions...

Voici deux variantes. La seconde permet de détecter

des amplitudes très importantes sans sacrifier ni sensibilité, ni fidélité.

On imagine immédiatement une troisième variante en insérant la bobine d'arrêt au delà du condensateur Cf. Le fonctionnement est très sensiblement le même que celui de la figure 47.

Le circuit figure 47 offre d'ailleurs un coefficient de sécurité plus élevé. Il fonctionne encore passablement avec une bobine K d'efficacité douteuse. Car, il faut le souligner, *toute la question est là.*

## Choix de la bobine K.

La bobine d'arrêt doit faire réellement ce qu'on lui demande. Dans beaucoup de circuits on insère une bobine d'arrêt, parce que c'est l'habitude. L'expérience démontre que neuf fois sur dix on peut enlever la bobine sans troubler aucunement le fonctionnement. Parfois, le fonctionnement est meilleur sans bobine d'arrêt.

Mais, dans le cas présent la bobine d'arrêt doit *réellement arrêter* les oscillations à haute fréquence. S'il n'en est pas ainsi notre barrière n'existe que sur le schéma. Le fonctionnement devient défectueux...

Lorsqu'il s'agit d'un appareil à changement de fréquence, la réalisation de la bobine K est relativement facile.

Il s'agit d'arrêter une seule fréquence, toujours la même, celle qui correspond au fonctionnement de l'amplificateur de fréquence intermédiaire. Connaissant cette fréquence particulière (110, 130, 145 kilocycles dans les appareils modernes) on peut lui dresser de savantes embuscades, au besoin on fait appel aux circuits bouchons.

La question se complique singulièrement s'il s'agit d'un appareil à amplification directe. Les oscillations qu'il faut bloquer ont naturellement la fréquence de la station que l'on écoute. Elles s'échelonnent entre 1.500 et 145 kilocycles. Réaliser une bobine d'arrêt réellement

efficace pour une aussi large bande de fréquence est un problème extrêmement délicat...

Aussi, vaut-il mieux chercher autre chose...

## Une autre solution.

Reprenons donc le problème. Il faut éviter que la détection ne se produise par la grille G. *La détection par*

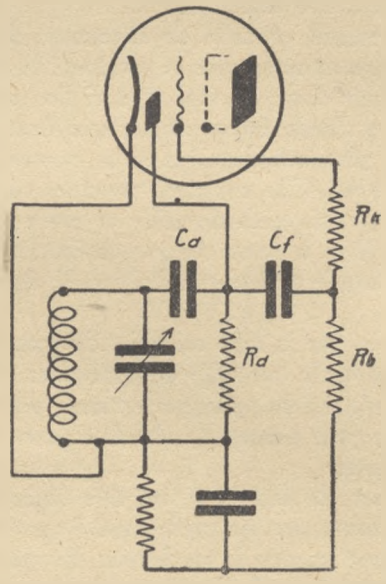


Fig. 48. — Un moyen d'éviter la détection dans l'élément amplificateur de la binode.

*la grille est caractérisée par le fait qu'il y a un courant de grille.*

Si nous évitons ce courant, nous éviterons la détection parasite.

Normalement, en l'absence de détection, il y a dans le circuit de la grille amplificatrice un simple *courant de charge*, c'est-à-dire un courant qui charge le minuscule

condensateur constitué par la grille et la cathode. Ce courant est extraordinairement faible. Peut-être 1/100 de millionnième d'ampère...

Plaçons donc, en série dans la grille, une résistance R*k* de 1 méghom (fig. 48). Le courant de charge normal ne sera guère changé puisque la chute de tension dans cette résistance sera de 1/100 de volt, alors que nous disposons couramment, à cet endroit, de tension de l'ordre de 0,2 à 0,4 volt...

Mais le courant parasite de détection, de plusieurs microampères, ne pourra plus se produire, le phénomène gênant disparaît donc. A vrai dire, si l'on examine les choses plus en détail, on remarque que l'action de R*k* est beaucoup plus complexe qu'on ne pourrait supposer au premier abord. Elle constitue, avec les capacités C*d* et C*f*, les capacités cathode-grille et grille-grille-écran, un véritable filtre à haute fréquence jouant, dans une certaine mesure, le rôle de la bobine K des montages précédents.

Il est certain que la mise au point du montage 48 est beaucoup plus facile que celle des montages 46 et 47.

Mais sa capacité de puissance est aussi nettement plus faible. On ne peut admettre à la détection des tensions aussi importantes.

D'autre part, la sensibilité est très légèrement inférieure. Cela tient, tout naturellement, à la présence de R*k* qui diminue un peu le rendement du système.

Avec le circuit fig. 48, il est sage de shunter le circuit de plaque par un condensateur de 0,1/1.000. C'est inutile avec les autres circuits.

## Autres schémas.

Nous l'avons déjà indiqué, nous le répétons encore : la binode permet de réaliser de nombreux autres schémas.

On peut, pour en citer un, coupler directement, par une résistance, l'élément redresseur à l'élément amplifi-

cateur. C'est traduire, en quelque sorte, le schéma fig. 32. On arrive ainsi au schéma fig. 49.

Cette disposition satisfait l'esprit au premier abord. On suppose que la reproduction doit être meilleure puisque le couplage est « direct ». On n'oblige point les délicats courants téléphoniques à s'égarer dans un dédale de résistances et de condensateurs...

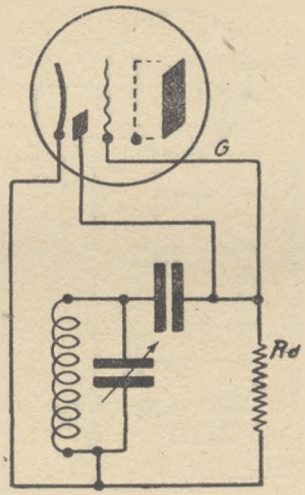


Fig. 49. — Adaptation à la binode du schéma de la figure 32.

Oui... sans doute. Mais, par contre, il devient très difficile de séparer les composantes à haute et à basse fréquence. Et surtout, la polarisation de l'élément amplificateur est déterminée par l'amplitude du courant à rectifier. En effet, celui-ci produit un courant moyen non nul dans la résistance R*d*. Un coup d'œil sur la figure 49 indique immédiatement que la tension aux bornes R*d* détermine la polarisation de G.

Nous retombons ainsi dans l'un des inconvénients de la détection par condensateur shunté...

## Un schéma de réalisation.

Nous avons reconnu dans les pages précédentes que la binode se prêtait à de multiples combinaisons. Suivant les cas on pourra adopter l'un ou l'autre schéma.

Nous donnerons, pour terminer, les détails de réalisation pour un autre schéma. Ces détails seront naturellement valables pour les montages précédents.

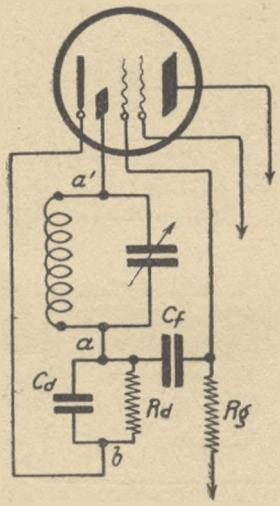


Fig. 50. — Réalisation du montage de la figure 43 avec une binode

Ce sera la traduction de la fig. 43, l'amplification étant naturellement réalisée par la binode.

Le schéma de principe est donné fig. 50.

Les impulsions à haute fréquence sont recueillies aux bornes de R*d* et intégrées par le condensateur C*d*.

Elles sont transmises à l'élément amplificateur par le condensateur C*f*. La tension de grille de l'amplificatrice est déterminée à travers la résistance R*g*.

Ce schéma permet une élimination relativement facile

des impulsions à haute fréquence. En effet, il faut bien remarquer que la tension d'utilisation est prise entre *a* et *b* et non pas, comme dans la plupart des schémas, entre *a'* et *b*. Dans ce dernier cas, il est bien évident que la tension à haute fréquence transmise est beaucoup plus importante.

## Note pratique.

La caractéristique de la détectrice par diode présente une courbure assez nette au début, c'est-à-dire pour des tensions à haute fréquence assez faibles.

Si l'on veut réaliser *réellement* la détection linéaire, il est indispensable que les tensions à haute fréquence soient assez fortes. La sensibilité des bons appareils d'aujourd'hui permet de développer l'amplitude nécessaire...

Mais on risque, alors, de surcharger la partie « amplification » et de transmettre au haut-parleur une puissance exagérée...

Il nous faut sortir de cette alternative. Nous n'essayerons point d'agir sur la sensibilité du récepteur. Nous appliquerons au diode des tensions de plusieurs volts... Nous obtiendrons ainsi une détection parfaitement linéaire...

Mais, pour éviter la surcharge, nous n'appliquerons à la grille amplificatrice qu'une fraction seulement de la tension téléphonique développée aux bornes de Rg.

Un simple potentiomètre de valeur convenable nous assurera un réglage parfaitement progressif au volume sonore...

Reprenons maintenant le schéma fig. 50. Faisons-lui subir les modifications nécessaires. Ajoutons les éléments nécessaires pour fixer les tensions-écrans et de polarisation et nous obtiendrons un montage détecteur linéaire remplissant son rôle à merveille.

## Le schéma pratique.

Nous arriverons ainsi au schéma fig. 51. Une résistance R*p*, de 2.000 ohms, shunté par un condensateur C*p* de 2 microfarads, produit la chute de tension destinée à servir de polarisation.

La résistance R*d* est de 500.000 ohms. Une résis-

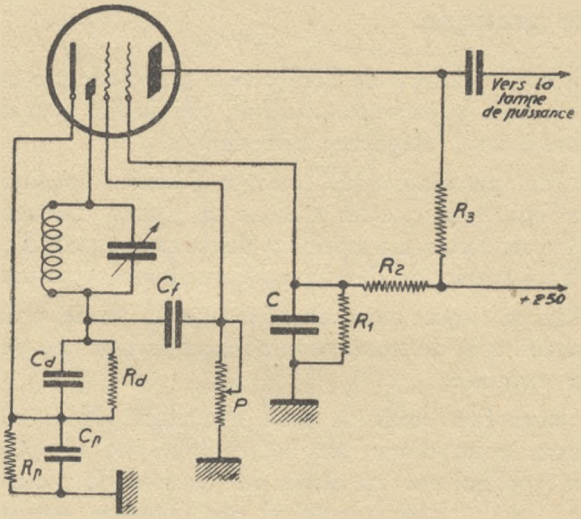


Fig. 51. — Montage pratique d'une binode en détectrice amplificatrice.

tance de 1 ou 2 mégohm améliorerait légèrement la sensibilité. Ce n'est pas ce que nous cherchons. Nous voulons avant tout le minimum de distorsion. Une résistance de 500.000 ohms nous donne une reproduction meilleure des aigus et une constante de temps plus faible.

Le condensateur C*d* aura une valeur de 0,2/1.000.

Les tensions téléphoniques sont transmises par C*f* qui mesure 6/1.000. Choisir un excellent condensateur isolé au mica.

Ces tensions se développent entre les bornes extrêmes

du potentiomètre P dont la résistance mesure 500.000 ou 250.000 ohms.

Le déplacement du curseur permettra de passer progressivement du silence complet (surtout avec les plus récentes binodes à blindage intérieur) jusqu'au maximum de puissance.

Il faut noter que cette variation de puissance ne s'accompagne pas de distorsion, ce qui est extrêmement précieux.

La tension écran est fixée par le potentiomètre fixe $R_1$ $R_2$. On choisira $R_1 = 20.000$ et $R_2 = 70.000$ ohms.

La résistance de couplage $R_3$ mesure 100.000 ohms. Dans le cas où on craindrait encore la présence de tension à haute fréquence dans le circuit de plaque de la binode on pourrait shunter $R_3$ par un condensateur de 0,2 à 0,5/1.000. Mais cela peut être dangereux pour les fréquences acoustiques élevées.

La mise au point du schéma fig. 51 n'offre aucune difficulté.

## Sensibilité et puissance.

On sait qu'il est très facile de modifier les « constantes » d'une lampe à écran. On peut, dans de larges limites, faire varier coefficient d'amplification et résistance intérieure en agissant simplement sur la tension écran.

Or, la binode comporte une lampe amplificatrice à écran. Rien d'étonnant si nous observons des propriétés différentes lorsque nous modifierons la tension appliquée sur la grille-écran.

Voulons-nous, par exemple, augmenter la sensibilité? Appliquons une tension écran de 30 volts seulement (au lieu de 50 volts normaux, dans les conditions déjà définies). Le coefficient d'amplification passe de 75 à 150.

Mais la résistance interne suit naturellement dans la même direction.

Pour assurer au système un rendement convenable, il faut augmenter la valeur de la résistance d'utilisation. Celle-ci étant de 100.000 ohms, cela nous oblige à mettre 500.000 ohms par exemple.

Le courant anodique baisse considérablement. Il était de 1,2 mA avec les chiffres déjà donnés. Il devient 0,35 environ.

Dans ces conditions, la polarisation appliquée à la grille de commande est insuffisante. Nous avions une résistance de 2.000 ohms. Nous devons prévoir maintenant 8.000 ohms environ.

Avec les valeurs ci-dessus, un faible signal H. F. donnera une tension efficace à basse fréquence très nettement supérieure à ce que nous avions obtenu avec les valeurs précédentes.

Par contre, la « capacité de puissance » sera nettement inférieure et — fait encore plus grave — la détection ne sera plus linéaire. Les signaux forts seront moins amplifiés que les signaux faibles.

Si l'on ne cherche pas la sensibilité, et qu'on désire au contraire obtenir une détection aussi parfaite que possible, on pourra utiliser les valeurs suivantes :

Tension écran : 60 volts.

Résistance utilisation : 75.000 ohms.

R. polarisation : 1.300 ohms.

Tension plaque : 250 volts.

La valeur du condensateur C*d* sera de 0,1/1.000.

La résistance R*d* mesurera 250.000 ohms.

Dans ces conditions, on obtiendra une détection presque idéalement linéaire. La constante de temps étant faible, la reproduction des fréquences les plus élevées demeurera excellente et l'on pourra profiter pleinement de l'effet de « démodulation ».

CHAPITRE IX

# LA " DUO-DIODE-TRIODE " LA " DUO-DIODE-PENTHODE " ET DETECTION PAR REDRESSEUR A OXYDE

## Duo diode-triode.

Ainsi que veut l'indiquer son nom, ce tube d'origine américaine, comporte deux anodes de redressement (d'où : duo-diode) mais l'élément amplificateur ne comporte que les éléments d'une lampe triode.

Nous ne voulons point revenir sur tous les détails déjà exposés à propos de la détection par diode séparé ou par « *binode* ». Toutes les indications fournies sont encore applicables.

La sensibilité totale — réalisée par l'ensemble détecteur et amplificateur — est nettement plus faible que dans la binode. C'est tout à fait normal puisque l'amplification possible avec la lampe triode est beaucoup moins élevée.

On compense cet inconvénient dans une certaine mesure en couplant la lampe détectrice à la lampe finale par l'intermédiaire d'un transformateur élévateur. Cette disposition apporte certains avantages et aussi... certains inconvénients.

Nous devons signaler les uns et les autres.

## Avantages.

L'avantage le plus immédiatement tangible est la facilité de mise au point. En général, on obtient, avec le schéma fig. 52, un fonctionnement immédiat, sans la nécessité d'aucune mise au point.

D'autre part, on obtient un fonctionnement généralement correct avec une tension-plaque relativement fai-

ble. Ainsi, avec 120 volts, on obtient déjà pratiquement une détection linéaire et des tensions téléphoniques assez grandes.

Dans le cas de la binode on avait, au contraire, intérêt à pousser la tension de plaque. On pouvait considérer 180 volts comme un minimum — encore les meilleurs résultats étaient-ils obtenus avec 200 et même 250 volts.

Le fait s'explique naturellement. La chute de tension dans le primaire du transformateur est négligeable. Mais

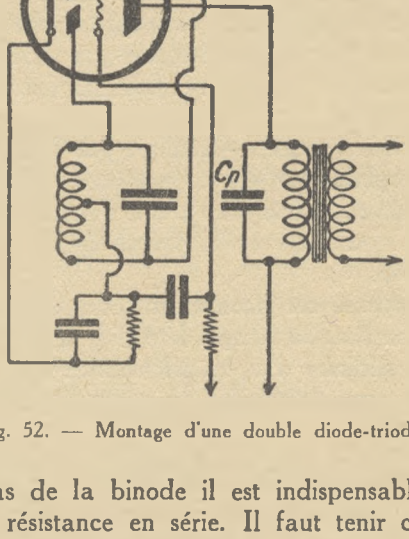


Fig. 52. — Montage d'une double diode-triode.

dans le cas de la binode il est indispensable d'intercaller une résistance en série. Il faut tenir compte de la chute de tension. Il faut aussi reconnaître qu'une tension anodique plus élevée est nécessaire dans le cas d'une lampe à écran...

De même nous pouvons chercher pourquoi la mise au point semble beaucoup plus facile...

La séparation des composantes à haute et basse fréquence s'opère plus facilement grâce au redressement

symétrique. Mais nous avons reconnu que cette symétrie était toute relative et probablement cette explication n'intervient que pour une faible part dans les faits observés.

La raison principale, c'est que le couplage a lieu *par transformateur*. Celui-ci ne transmet en réalité qu'une bande de fréquence. La zone de transmission d'un excellent transformateur sera comprise, par exemple, entre 150 et 4.000 périodes. Hors de cette zone il y aura une rapide atténuation.

S'il y a des composantes à haute fréquence dans le circuit anodique de la détectrice *celles-ci ne seront pas transmises au delà.*

D'ailleurs, elles trouveront un véritable court-circuit dans le condensateur C*p* dont la valeur peut être comprise entre 2 et 4/1.000...

Ce condensateur présente un certain danger pour les fréquences élevées de la modulation. Ce danger est moins grand du fait que le circuit ne comporte pas une simple résistance, mais une inpédance complexe constituée par le transformateur.

## Inconvénients.

Les considérations précédentes nous permettent de définir les inconvénients.

La facilité de mise au point se paie fort cher. Elle a comme rançon la distorsion. Le couplage par résistance permet d'obtenir une reproduction parfaite de toutes les fréquences acoustiques, les plus hautes, comme les plus basses. On pourrait — si cela présentait un intérêt — construire l'amplificateur pour la reproduction de fréquences de l'ordre de une période par seconde... Le problème serait pratiquement insoluble si l'on voulait obtenir ce résultat avec un transformateur...

Tel est le principal inconvénient de montage fig. 52. On pourrait sans doute en trouver d'autres. Mais nous

estimons que la fidélité de reproduction doit aujourd'hui, *être obtenue à tout prix.*

On peut naturellement remplacer dans la fig. 52 le couplage par transformateur par un couplage à résistance. Mais, dans ce cas, la sensibilité est très nette-

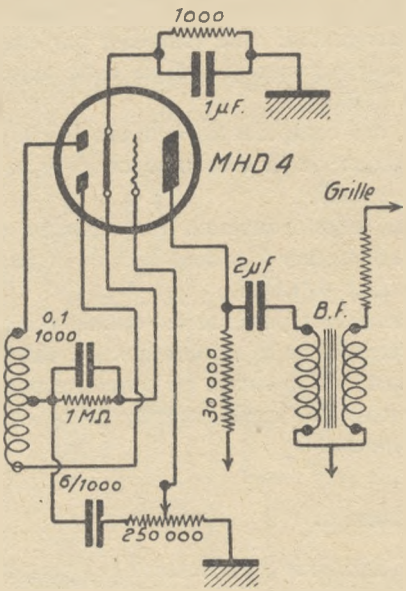


Fig. 53. — Réalisation pratique du montage à duo-diode-triode.

ment diminuée. Il faut une amplification considérable en haute et moyenne fréquence pour arriver à la puissance voulue.

## Schéma pratique.

Nos lecteurs trouveront fig. 53 un schéma de réalisation pratique et fig. 54 la disposition des broches

d'une lampe duo-diode-triode du commerce (M. H. D.-4 Gécovalve).

On observera que le transformateur B. F. est monté indirectement de telle sorte que le courant anodique de la lampe ne le traverse point.

Cela donne la possibilité d'utiliser un transformateur avec circuit magnétique de petite dimension (tôles au nickel).

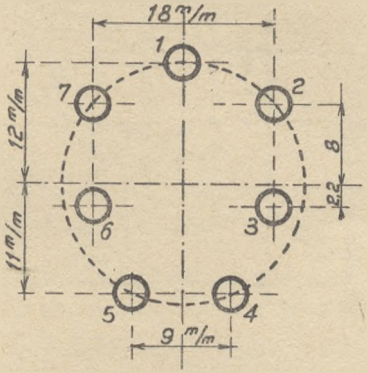


Fig. 54. — Vue par dessous du culot de la M. H. D 4 gecovalve : 1,3, plaques de diode; 4,5, filament; 6, cathode; 7, plaque de l'élément triode. La grille correspond à la borne du sommet de l'ampoule.

## Duo-diode-penthode.

La lampe duo-diode-penthode s'utilise très sensiblement comme une lampe binode. Une des plaques de la diode est utilisée pour commander un régulateur anti-fading.

Nous estimons cependant que la commande de régulation obtenue par la chute de tension aux bornes d'une résistance de diode est presque toujours insuffisante.

On peut, dans ce cas, disposer d'une tension de régulation de 3 ou 4 volts en moyenne.

Or, en pratique, il faut souvent de 20 à 30 volts. On est donc loin de compte.

Néanmoins — cet avertissement étant donné — nous indiquons à nos lecteurs un schéma d'utilisation de la

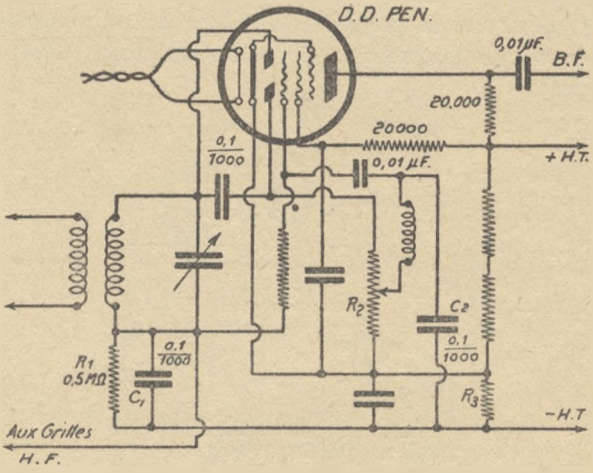


Fig. 55. — Montage d'une duo-diode-penthode.

duo-diode-penthode. Dans ce cas la régulation agit simultanément *sur la haute et la basse fréquence*. Cela améliore naturellement, dans une certaine mesure, la situation dénoncée plus haut.

## Détection par redresseur à oxyde de cuivre.

Il était normal de songer à utiliser les précieuses propriétés des redresseurs à oxyde de cuivre pour la détection des signaux de T. S. F.

Un redresseur à oxyde est constitué par un simple empilement de rondelles de cuivre oxydées et non oxydées. Il n'y a pas d'organe susceptible de s'user ou de varier avec le temps.

Le mécanisme du redressement n'est pas expliqué

d'une façon indiscutable. Il y a très probablement des actions électroniques un peu analogues aux actions qui se produisent dans une diode.

Pour cette raison les éléments détecteurs (Westector) peuvent être utilisés très sensiblement comme une lampe diode. Il faut cependant bien observer que ces détecteurs ont le petit inconvénient de présenter une capacité,

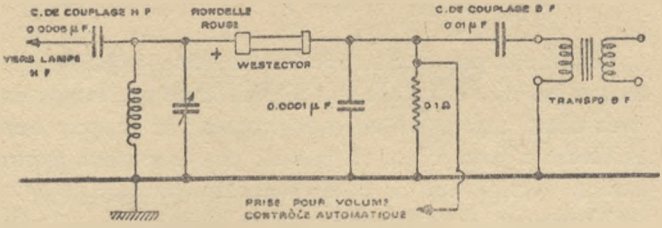


Fig. 56. — Emploi d'un Westector pour la détection et pour la régulation automatique d'intensité

assez importante. Il convient donc de les utiliser plus particulièrement en moyenne fréquence, c'est-à-dire dans les appareils à changement de fréquence.

Dans ces conditions, les « Westectors » donnent à peu près la sensibilité d'une diode avec l'avantage de ne nécessiter aucune tension de chauffage.

# CONCLUSION

N'hésitons pas à conclure très nettement que la détection par diode, qu'elle soit réalisée avec une lampe ou avec deux, représente un gros progrès par rapport aux méthodes d'hier. C'est un pas de plus que nous avons franchi vers l'idéal de la reproduction parfaite.

L'amateur, dont l'oreille est sensible à la beauté des sons l'adoptera d'enthousiasme, après l'avoir essayée. Aucune des autres méthodes proposées ne permet de réunir la même somme d'avantages.

Ne nous hâtons pas de conclure que nous avons découvert le détecteur définitif. On trouvera mieux *demain*. Mais nous ne pensons pas qu'on puisse aujourd'hui trouver mieux et c'est déjà beaucoup...

# TABLE DES MATIERES


Pages

Avant-propos . . . . . 5

## CHAPITRE PREMIER

*Notions fondamentales.*

Qu'est-ce que la détection ? . . . . . 9
Profondeur de modulation . . . . . 11
Les détecteurs usuels . . . . . 14
Caractéristique d'un détecteur . . . . . 14
Les détections par la grille . . . . . 17
La détection grille normale, le courant de grille la caractéristique de grille . . . . . 18
L'effet de la résistance de détection . . . . . 18
L'action détectrice . . . . . 21
Et le circuit de plaque? . . . . . 22
La caractéristique de détection . . . . . 24
La distorsion et le détecteur . . . . . 25
Rectification par la plaque . . . . . 26

## CHAPITRE II

*Détection de puissance par la grille.*

Le redressement, l'amplification . . . . . 29
La forte tension anodique est indispensable . . . . 31
Les conditions de fonctionnement de la détection de puissance . . . . . 32
Une difficulté pratique . . . . . 33

## CHAPITRE III

*Détection par la plaque.*

Le principe de la détection par la plaque ..... 39
Nature de la détection de plaque ..... 42
Caractéristiques de la détection plaque ..... 43
Avantages de la détection plaque ..... 45
Les inconvénients de la détection par la plaque.. 46
La détection plaque dans les postes secteur .... 49

## CHAPITRE IV

*Avantages de la détection linéaire.*

La détection linéaire et la fidélité de reproduction 51
L'effet de démodulation des signaux forts par les signaux forts . . . . . 54
Comment se traduit l'effet de démodulation dans votre récepteur . . . . . 55
Conséquences pratiques de l'effet de démodulation 57
L'effet de démodulation et la théorie ..... 59
Les conditions nécessaires pour reproduire la démodulation . . . . . 60

## CHAPITRE V

*Détection linéaire par diode.*

Caractéristique . . . . . 61
La cause de la courbure ..... 62
Renonçons donc à l'amplification ..... 63
Un premier circuit ..... 64
Un second circuit plus complet ..... 65
Caractéristique de la détection par diode ..... 67
Amortissement . . . . . 68
Une expérience curieuse et d'apparence paradoxale . . . . . 69

## CHAPITRE VI

*Réalisation pratique de la détection par diode.*

Revue des avantages et des inconvénients ..... 71
Sur quels récepteurs adopter la nouvelle détection? 73
Quel schéma choisir ? ..... 75
La valeur des éléments ..... 77
La bobine d'arrêt ..... 80
Quelles lampes faut-il employer ? ..... 82
Montages pour lampes à chauffage direct .... 84
Montage pour lampes à chauffage indirect .... 87
La prise pour pick-up ..... 87
Récepteurs à réaction ..... 88
La mise au point d'un détecteur diode ..... 90
Lampes spéciales pour la détection par diode .. 93

## CHAPITRE VII

*Diode ou double diode*

Comparaison de la sensibilité ..... 95
Comparaison de la puissance ..... 96
Avantage de la duo-diode ..... 97
Conclusion ..... 99

## CHAPITRE VIII

*La détection par binode.*

La difficulté qu'on rencontre ..... 101
La nature de la difficulté ..... 102
La bobine d'arrêt ..... 104
Une variante ..... 106
Choix de la bobine K ..... 108
Une autre solution ..... 109

Autres schémas ..... 110
Un schéma de réalisation ..... 112
Note pratique ..... 113
Le schéma pratique ..... 114
Sensibilité et puissance ..... 115

## CHAPITRE IX

*La « duo-diode-triode », la « duo-diode-penthode » et détection par redresseur à oxyde*

Duo-diode-triode ..... 117
Avantages ..... 117
Inconvénients ..... 119
Schéma pratique ..... 120
Duo-diode-penthode ..... 121
Détection à redresseur par oxyde de cuivre ..... 122
CONCLUSION ..... 124

Imprimerie du Droit. — Choisy-le-Roi. — 5783.

# Les Meilleurs Ouvrages de T.S.F.

*Radio-Guide* (*Comment installer, régler et entretenir un appareil de T. S. F.*, par Alain Boursin) ..... 3 »
*Le merveilleux Récepteur AB-4 secteur*, par Alain Boursin) ..... 4 »
*Récepteurs modernes de T. S. F.* (Edition 1934), par P. Hémardinquer ..... 30 »
*Mon Super* (Récepteur 25-2000 m.), par Alain Boursin. 5 »
*Nouveau Manuel pratique de T.S.F.*, par Gérard..... 12 »
*Le Poste de l'Amateur de T.S.F.*, par Hémardinquer.... 20 »
*Les lampes à plusieurs électrodes et leurs applications*, par J. Groszkowski, traduit par G. Teyssier. Préface de R. Mesny ..... 40 »
*Le Superhétérodyne et la Superréaction*, par Hémardinquer ..... 22 »
*Les Progrès des Superhétérodynes*, par P. Hémardinquer 7 50
*Les Postes de T.S.F. alimentés par le secteur*, par Aisberg 10 »
*Tous les montages de T.S.F.* ..... 12 »
*Théorie et pratique de la T.S.F.*, par Bérard ..... 25 »
*Premières leçons de T. S. F.*, par Chaumat, Lefrand et et Cie Metz ..... 12 »
*Emission et réception sur ondes courtes*, par Brancard 5 »
*Manuel pratique de Dépannage*, par Avril..... 5 »
*Théorie et pratique de la Télévision*, par Aisberg et Aschen ..... 30 »
*Le Cinéma sonore et sa technique*, par Vellard..... 30 »
*Théorie et pratique des lampes de T.S.F.*, par Kiriloff 15 »
*Les Lampes de T.S.F. modernes*, par Hémardinquer.... 10 »
*Les Parasites en T.S.F.*, par P. Baize ..... 8 »
*Les Cellules photo-électriques*, par Roy-Pochon..... 8 »
*Principes de bonne construction en T.S.F. L'Hoplitodyne.* 12 »
*30 Appareils de T.S.F. à construire soi-même*..... 6 »
*30 nouveaux postes de T.S.F. à construire soi-même*.... 8 »
*La Construction des meilleurs postes de T.S.F. à la portée de tous* ..... 15 »
*Les Récepteurs Modernes de T.S.F.*, par Hémardinquer.. 30 »
*Les Ondes courtes et très courtes*, par Chrétien ..... 20 »
*La Détection en T. S. F.*, par Chrétien ..... 12 »
*Les redresseurs de courant*, par R. de Bagneux..... 10 »
*ABC de la T. S. F.*..... Broché, 30 fr. — Relié.. 35 »

---

*La T.S.F. pour tous*, Tomes I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, reliés, chacun ..... 30 »
*La T.S.F. pour tous.* Le numéro : 4 fr. Abonnement.... 36 »
*La Télévision.* Le numéro : 4 fr. 50. Abonnement..... 35 »
*L'Onde électrique.* Le numéro : 6 fr. Abonnement..... 60 »

---

Etienne CHIRON, éditeur, 40, rue de Seine, PARIS (6e)

---

Catalogues et spécimens des revues franco sur demande.

**Etienne CHIRON, éditeur, 40, rue de Seine, PARIS-6e**

# EXTRAIT DU CATALOGUE

## Automobile

| | |
|---|---|
| **LE NOUVEAU CODE DE LA ROUTE EXPLIQUE.** (Textes officiels; tableau en couleurs de la nouvelle signalisation des routes ; guide illustré du candidat au permis de conduire) | 5 » |
| **DARMAN.** — Guide du candidat au permis de conduire les automobiles | 3 » |
| **MINISTERE DES TRAVAUX PUBLICS.** LE CODE DE LA ROUTE. Textes officiels 1933 | 3 » |
| **RAZAUD.** — A. B. C. de l'automobile | 2 40 |
| — Nouveau manuel de l'automobiliste Edition 1933 | 12 » |
| — Les pannes d'automobile | 7 50 |
| **PERCHERON.** — Aide-mémoire pour la recherche des pannes | 2 » |
| — Manuel pratique pour la conduite et l'entretien des moteurs à explosion | 9 » |
| **GIELFRICH.** — L'automobile expliquée | 18 » |
| **ROSALDY et HELLMANN.** — L'équipement électrique des automobiles | 12 » |
| **ROSALDY et TOUVY.** — L'allumage Delco Edition 1933 | 15 » |
| **GORY ET GIELFRICH.** — L'équipement électrique expliqué | 9 » |
| **JACQUES.** — Manuel du motocycliste | 9 » |
| **GORY ET GIELFRICH.** — Comment soigner votre accumulateur | 7 50 |
| **PERCHERON.** — La magnéto d'automobile Edition 1933 | 15 » |
| **PERCHERON.** — Le moteur Diesel expliqué | 12 » |

## Education Physique

| | |
|---|---|
| **Mag. VINCELO.** — Femme, cultive ton corps | 12 » |
| **BELLEFON ET MARUL.** — Méthode française d'éducation physique. | 9 » |
| **BRUEL (Mlle).** — 400 jeux pour jeunes filles et enfants | 9 » |
| — 150 nouveaux jeux pour jeunes filles et enfants | 6 » |
| — 70 jeux de balle et ballon pour tous | 5 » |
| **PAGÈS (Dr).** — A.B.C. de l'éducation physique | 7 50 |
| **ICARD.** — Manuel de camping | 5 » |

## Couture

| | |
|---|---|
| **BERTRAND (Mme).** — Pour faire soi-même une layette | 7 50 |
| — Pour faire soi-même un trousseau | 7 50 |
| **PETIT.** — Manuel pratique de couture et montage des vêtements | 10 » |
| — La coupe des vêtements pour hommes et garçonnets | 16 » |
| — La coupe des vêtements pour dames et fillettes | 10 80 |

## Photographie et Dessin

| | |
|---|---|
| **GÉRARD.** — Comment on débute en photographie | 4 50 |
| — Comment on retouche un cliché photographique | 4 50 |
| — Comment on retouche un agrandissement photographique | 4 50 |
| **BORDIER.** — L'aquarelle | 7 50 |
| **LIBMAN.** — Pour apprendre soi-même le dessin industriel | 15 » |
| **BOLL (A.).** — La perspective expliquée | 5 » |

## Electricité

| | |
|---|---|
| **MICHEL.** — Pour poser soi-même la lumière électrique | 6 » |
| — Pour poser soi-même les sonneries | 6 » |
| — Pour poser soi-même les téléphones privés | 6 » |
| **BARRÉ.** — Eléments d'électrotechnique générale | 43 20 |
| **BARDIN.** — A.B.C. des moteurs électriques | 5 40 |

Ajouter **10 %** pour envoi franco contre mandat adressé à l'éditeur

**Catalogue complet franco sur demande**

A DEMONT, imp. Montrouge 162.000.254

12 f.